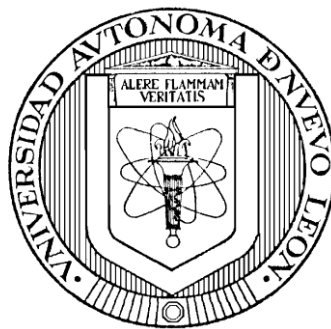


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA



TESIS

Actividad simpática y parasimpática como indicadores de la carga interna en
jugadoras de selección mexicana de voleibol

Para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Cultura Física

Presenta:

Flor Janeth Miranda Mendoza

Director de tesis:

Dr. Germán Hernández Cruz

Co-Asesor:


Dr. Roberto Andrés González Fimbres

Julio, 2019

Dr. Germán Hernández Cruz, como Director de tesis interno de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral de la **MAFyD. Flor Janeth Miranda Mendoza**, titulado **"Actividad simpática y parasimpática como indicadores de la carga interna en jugadoras de selección mexicana de voleibol"** se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.



Dr. Germán Hernández Cruz
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

Dr. José Naranjo Orellana, como director de tesis externo de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla, acredita que el trabajo de tesis doctoral de la MAFyD. Flor Janeth Miranda Mendoza, titulado **"Actividad simpática y parasimpática como indicadores de la carga interna en jugadoras de selección mexicana de voleibol"** se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.



Dr. José Naranjo Orellana
DIRECTOR DE TESIS



Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

**"Actividad simpática y parasimpática como indicadores de la carga interna en
jugadoras de selección mexicana de voleibol"**

Presentado por:

MAFyD. Flor Janeth Miranda Mendoza


El presente trabajo fue realizado en la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en Nombre de la (o las) institución(es) adjunta(s), bajo la dirección del Dr. Germán Hernández Cruz, Dr. Roberto Andrés González Fimbres, como requisito para optar al grado de Doctora en Ciencias de la Cultura Física, programa en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



Dr. Germán Hernández Cruz
DIRECTOR



Dr. Roberto Andrés Gonzales Fimbres
CO-DIRECTOR



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

"Actividad simpática y parasimpática como indicadores de la carga interna en
jugadoras de selección mexicana de voleibol"

Presentado por:

MAFyD. Flor Janeth Miranda Mendoza

Aprobación de la Tesis por el Jurado de
Examen _____

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Presidente

Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Secretario

Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed
Facultad de Organización Deportiva, UANL
Vocal 1

Dr. Luis Felipe Reynoso Sánchez
Departamento de ciencias sociales y humanidades, UAdeO
Vocal 2

Dra. Nancy Cristina Banda Saucedo
Facultad de salud pública y nutrición, UANL
Vocal 3

Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero
Subdirectora de Posgrado e Investigación

Dedicatoria

Hacer una dedicatoria para un trabajo tan significativo envuelve una serie de sentimientos indescriptibles, porque es la culminación de un proceso que marcará un antes y un después de manera personal.

Primeramente, quiero dedicar este trabajo a la luz dentro de mi ser que ha sido fuente de inspiración para de alguna forma y contra todos los pronósticos salir adelante, a esa luz que me hizo emprender este sendero hacia el camino que estoy segura era el indicado, tengo que decir que este camino que, aunque indicado, también fue complicado. No sé como pero siempre tuve una esperanza. Entonces vuelvo a hacer hincapié en esa luz dentro de mi ser que más que aplastarme en mis fracasos hacía que naciera una inspiración para seguir adelante, desconozco exactamente el origen de esa luz, pero sé que el alimento que la mantiene encendida es la familia, porque con ella nacemos, crecemos y aprendemos, el regalo más valioso de la vida.

A ustedes mis padres (Irma y Joel), que no permitieron que esa luz se viera opacada por los inconvenientes de la vida, a ustedes que en ocasiones estuvieron dispuestos a dar su luz para que mis sueños no se apagaran, espero haber cumplido con el propósito de darles una gran satisfacción.

A mis hermanas (Lety y Paola), que son las primeras que vienen a mi mente cuando los miedos y las dificultades aparecen, porque la frase seguir adelante se enseña con el ejemplo, todos mis esfuerzos son para ustedes, las amo.

A mi abuela, quien llena mi corazón y quien me ha enseñado lo que es el valor del amor a la familia, antes que cualquier defecto. A mi familia en general la cual siempre me ha apoyado de alguna forma.

A Cindy quien estuvo en el proceso de este camino acompañándome de cerca, escuchándome y ayudándome cuando se necesitaba, y por último a todas mis amigas que hicieron más ameno este proceso.

Agradecimientos

A la Facultad de Organización Deportiva por abrirme las puertas para primeramente realizar mis estudios de maestría, por la oportunidad que me dieron de enrolarme en diversas actividades que me motivaran para poder realizar mis estudios de doctorado, y por todas las facilidades que me brindaron durante este proceso.

A todos mis maestros que tuve durante el proceso de formación doctoral, estoy segura de que cada uno de ellos ha cumplido un propósito en mí, ya que de todos y cada uno de ellos obtuve un conocimiento que será significativo en este nuevo proceso en el que me encamino como futura doctora.

Al entrenador Ricardo Naranjo Ponce, por dejarme formar parte del equipo de selección mexicana de voleibol y permitirme colaborar en el área de la evaluación del rendimiento, al equipo que estuvo concentrado para la preparación de juegos centroamericanos 2018 y que tuvieron la disposición de participar en la investigación y, sobre todo, tener voluntad para realizar todas las pruebas necesarias.

Especialmente a mi asesor Dr. Germán Hernández Cruz quien más que un asesor de una tesis doctoral fue un guía que encamino mis pasos hasta el último momento, enseñándome cosas valiosas como el trabajo en equipo, el liderazgo, pero sobre todo mostrar con el ejemplo, la importancia de ser una persona con un alto sentido de la calidad humana, hacia todas las personas.

A la Dra. Blanca Rangel, por abrirme las puertas del posgrado y por todas las enseñanzas que me brindo y por el apoyo en todos los proyectos realizados durante este proceso.

Al Dr. Roberto Andrés González, por involucrarse en este proyecto, por su colaboración tan apasionada, sumando significativamente en él dando sus mayores aportes como especialista en el área, buscando siempre que mi tesis fuera un documento de calidad.

Al Dr. José Naranjo Orellana por ser un pilar fundamental en mi formación en el tema de variabilidad de la frecuencia cardíaca, por su paciencia y dedicación en la explicación de cada una de las dudas surgidas durante todo este proceso, porque, aunque nos separa un mar entero siempre mantuvimos un acercamiento.

La motivación para realizar este doctorado no puede quedar separada de mis agradecimientos, ya que esta semilla se sembró en mí, cuando hacia mis estudios de maestría, al estar rodeada de un grupo de trabajo que supo arroparme y sacar el mejor potencial de mí, logrando influir en mi decisión para emprender este camino, por esa razón agradezco a todo el equipo del laboratorio que lidera el Dr. Germán, con todos ellos con los que compartí todo este tiempo, Triny, Myriam, Sylvia, Felipe, Raúl, Lili, Bianca, Dany, Zeltzin, Ana, Vanessa, Dulce, Rodolfo, gracias por hacer el camino fácil, gracias a todos ustedes por compartir sus conocimientos, experiencias pero sobre todo, su amistad, a todos y cada uno de ustedes les reitero mis más sinceros respetos y admiración

**La gratitud es cuando la memoria se almacena en el corazón y no en la mente.
(Lionel Hampton)**

Resumen

Objetivo: Evaluar los cambios del LnrMSSDm, LnrMSSDcv y el SS frente a otros métodos de evaluación de la carga interna y su relación con los cambios de rendimiento aeróbico y neuromuscular, en atletas de selección mexicana de voleibol femenino durante una concentración de cuatro microciclos. **Métodos:** Se evaluó a 8 deportistas femeninas de la selección mexicana de voleibol (24.26 ± 3.37 años), durante una concentración con duración de cuatro semanas previo a una competencia, se evaluó la recuperación y el estrés mediante el LnrMSSD, SS y la carga interna mediante el sRPE y TRIMP de Edwards, el ERS para la evaluación de la recuperación y por último se aplicó el cuestionario RESTQ-Sport al inicio y final de la concentración. Los instrumentos fueron el Polar Team 2 para los parámetros SS, LnrMSSD, TRIMP de Edwards, para el ERS y la sRPE se utilizó la escala de Borg del 0 al 10 y por último la versión mexicana del RESTQ-Sport. **Resultados:** El SS y LnrMSSD fueron sensibles a las variaciones diarias y semanales de la carga de entrenamiento de forma grupal como individual, se encontró relación entre el LnrMSSD con el SS (-.887), con el TRIMP (-.470), sRPE (-.608), y ERS (.651). Se encontró relación entre las PENSS y PENLnrMSSD con los cambios en el SJ ($r = -.762$ y $.738$ respectivamente, $p < .0X$), mientras que el LnrMSSDcv no, el RESTQ-Sport mostro cambios significativos en la toma final con respecto a la basal en el aumento de la escala estrés general, disminución en la calidad de sueño, aumento de la fatiga emocional, disminución de la fatiga de la recuperación general y disminución de la recuperación deportiva. **Conclusión:** Los parámetros LnrMSSDm, LnrMSSDcv y el SSm mostraron ser sensibles como indicador de la carga interna, por otra parte, el valor de PENSS y PENLnrMSSD logró relacionarse con los cambios de rendimiento neuromuscular. Las correlaciones encontradas entre los parámetros de VFC y carga interna, pueden fortalecer la idea de que el SS y el LnrMSSD, pueden ser una herramienta que indique las respuestas del entrenamiento sobre el organismo. El cuestionario RESTQ-Sport logró medir los cambios en el balance estrés recuperación en una concentración de atletas de selección mexicana de voleibol.

Abstract

Objective: To evaluate the sensitivity of LMSrMSSDm, LnrMSSDcv and SS against other methods of internal load assessment and its relationship with the changes in the results of the Mexican women's volleyball team at a concentration of four microcycles. **Methods:** 8 female athletes of the Mexican volleyball team were evaluated (24.26 ± 3.37 years), recovery and stress were evaluated through the LMSSSD, SS and the internal load through the sRPE and TRIMP of Edwards, the ERS for the evaluation of the recovery and finally the RESTQ-Sport questionnaire is applied at the beginning and end of the concentration. The instruments were the Polar Team 2 for the SS parameters, LnrMSSD, Edwards' TRIMP, for the ERS and the sRPE, the Borg climbing from 0 to 10 and finally the Mexican version of the RESTQ-Sport. **Results:** The SS and LnrMSSD were sensitive to the daily and weekly variations of the group group training load as individuals, the relations between the LMSS with the SS (-.887), with the TRIMP (-.470), sRPE (-.608), and ERS (.651). The relationship between the PENSS and PENLnrMSSD with the changes in the SJ ($r = -.762$ and $.738$ respectively, $p < .0X$), while the LnrMSSDcv did not, the RESTQ-Sport showed changes in the final shot with respect to the base in the increase of climbing general stress, the decrease in the quality of sleep, the increase of emotional fatigue, the decrease of the fatigue of the general recovery and the decrease of the sports recovery. **Conclusion:** The parameters LnrMSSDm, LnrMSSDcv and SSm are considered sensitive to internal load, on the other hand, the value of PENSS and PENLnrMSSD are related to changes in neuromuscular performance. The relationships between HRV parameters and internal load can strengthen the idea that SS and LMSrMSSD can be a tool that responds to training responses on the organism. The RESTQ-Sport questionnaire can be measured in changes in the stress balance in a concentration of Mexican volleyball athletes.

Tabla de contenidos

Introducción.....	15
Estructura general del documento	6
Marco teórico.....	7
Voleibol	7
Características Antropométricas.....	7
Planificación del entrenamiento deportivo.....	8
Entrenamiento.....	10
Componentes de la carga de entrenamiento	11
Respuesta fisiológica del entrenamiento.....	11
Evaluación del rendimiento	12
30-15 Intermittent Fitness Test (30-15IFT)	12
Fatiga	14
Recuperación.....	16
Cargas de entrenamiento.....	17
Métodos de cuantificación de carga interna.....	19
Métodos de carga interna subjetivos.....	20
Percepción de esfuerzo (sRPE).....	20
Escala de calidad total de recuperación (TQR)	21
RESTQ-Sport.....	21
Métodos objetivos con variables fisiológicas.....	23
TRIMP de Banister	23
TRIMP de Edwards.....	24
TRIMP de Lucia	25
TRIMP de STAGNO (TRIMPMOD).....	26
TRIMP Individual	27
Sistema nervioso autónomo.....	27
Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC)	29
Dominio de tiempo.....	30
Mediciones no lineales.....	31
Variabilidad de la frecuencia cardiaca en el deporte.....	32

Fundamentos metodológicos	37
Diseño del estudio.....	37
Descripción de los sujetos	37
Población	37
Muestra.....	37
Procedimiento	38
Antropometría	39
30-15 Intermittent fitness test (IFT).....	40
Squat Jump.....	41
Descripción del entrenamiento	41
Evaluaciones de la variabilidad de la frecuencia cardiaca	42
Evaluación de la carga interna.....	43
<i>ERS</i>	44
<i>TRIMP de Edwards</i>	45
Análisis estadístico.....	46
Resultados	48
Discusiones	63
Conclusiones.....	72
Limitaciones	72
Referencias	73
Anexos	90

Índice de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. Zonas de intensidad del TRIMP de Lucia.....	41
Tabla 2. Zonas de frecuencia cardíaca, correspondientes a cada factor de ponderación y descripción del tipo de entrenamiento.....	41
Tabla 3. Media y desviación estándar de la información demográfica de la muestra	52
Tabla 4. Variables evaluadas durante los cuatro microciclos.....	63
Tabla 5. Comportamiento del LnrMSSD y SS analizados mediante el mínimo cambio apreciable.....	65
Tabla 6. Comportamiento del TRIMP Y sRPE variables analizadas mediante el mínimo cambio apreciable.....	68
Tabla 7. Comportamiento de la ERS analizada mediante el mínimo cambio apreciable.....	70
Tabla 8. Valores de las pendientes del LnrMSSD y SS por sujeto.....	71
Tabla 9. Coeficientes de correlación entre los métodos de carga interna TRIMP, sRPE, métodos de VFC LnrMSSD, SS y recuperación subjetiva ERS.....	74
Tabla 10. Cambios del CV LnrMSSD durante los cuatro microciclos basados en el mínimo cambio apreciable, el tamaño del efecto y las inferencias cualitativas.	76
Tabla 11. Coeficientes de correlación entre los valores de las pendientes de SS y LnrMSSD y las ganancias en el Squat Jump representadas en porcentajes.	76
Tabla 12. Cambios en las escalas del RESTQ-Sport entre el microciclo 1 y 4.....	77

Figuras

<i>Figura 1.</i> Teoría del proceso de entrenamiento	33
<i>Figura 2.</i> Ecuación del TRIMP de Banister & Hamilton (1985).....	38
<i>Figura 3.</i> Oscilación de los intervalos R-R en milisegundos.	44
<i>Figura 4.</i> Protocolo de investigación.....	54
<i>Figura 5.</i> Ejemplo del 30-15IFT en la velocidad de 8 Km/hora.....	56
<i>Figura 6.</i> Muestra el desarrollo de la planificación física, técnica y táctica.....	58
<i>Figura 7.</i> Escala de Borg para la toma del sRPE.....	60
<i>Figura 8.</i> Escala de Borg para la toma de la ERS.....	61
<i>Figura 9.</i> Ejemplo de las zonas de entrenamiento para la obtención del TRIMP de Edwards.....	62
<i>Figura 10.</i> Comportamiento de los valores medios del LnrMSSDm a lo largo de los cuatro microciclos.....	66
<i>Figura 11.</i> Comportamiento de los valores medios del SSm a lo largo de los cuatro microciclos.....	67
<i>Figura 12.</i> Comportamiento de los valores medios del TRIMPm a lo largo de los cuatro microciclos.....	68
<i>Figura 13.</i> Comportamiento de los valores medios de la sRPEm a lo largo de los cuatro microciclos.....	69
<i>Figura 14.</i> Comportamiento de los valores medios de la ERSm a lo largo de los cuatro microciclos.....	70
<i>Figura 15.</i> Cambios individuales en el promedio móvil del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes (LnrMSSDp), por día. La línea gris indica el mínimo cambio apreciable con los intervalos de confianza al 90%.....	74
<i>Figura 16.</i> Cambios individuales en el promedio móvil del índice de estrés (SSDp), por día. La línea gris indica el mínimo cambio apreciable con los intervalos de confianza al 90%.....	75
<i>Figura 17.</i> Comportamiento de los valores medios del LnrMSSDcv a lo largo de los cuatro microciclos.....	77

Abreviaturas

Bla	Blood Lactate
CK	Creatin Kinasa
CV	Coeficiente de Variación
ERS	Escala de recuperación subjetiva
ES	Tamaño del efecto
FC	Frecuencia cardiaca
GPS	Global positioning system
IFT 30-15	Intermittent Fitness Test 30-15
ISAK	Society for the Advancement of Kinanthropometry
LB	Línea de base
LnrMSSD	Logaritmo de la raíz cuadrada de la suma de la media de las diferencias de los cuadrados de los intervalos R-R consecutivos
LnrMSSDm	Media del Logaritmo de la raíz cuadrada de la suma de la media de las diferencias de los cuadrados de los intervalos R-R consecutivos
LnrMSSDcv	Coeficiente de Variación del logaritmo de la raíz cuadrada de la suma de la media de las diferencias de los cuadrados de los intervalos R-R consecutivos
M1	Microciclo uno
M2	Microciclo dos
M3	Microciclo tres
M4	Microciclo cuatro
OBLA	Onset of Blood Lactate Accumulation
PENLnrMSSD	Pendiente del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes.

PENSS	Pendiente del stress score.
pNN50	Número de intervalos r-r que difieren en más de 50 milisegundos
rMSSD	Raíz cuadrada de la suma de la media de las diferencias de los cuadrados de los intervalos R-R consecutivos
SD1	Diámetro transversal del diagrama de dispersión de Poincaré
SD2	Diametro longitudinal del diagrama de Poincaré
SDNN	Desviación estándar de los intervalos entre latidos normales,
SJ	Squat Jump
SNA	Sistema Nervioso Autónomo
SPSS	Paquete estadístico para ciencias sociales
SSm	Media del Stress Score
sRPEm	Media del Índice de esfuerzo percibido <i>Rating of Perceived Exertion</i>
sRPE	Índice de esfuerzo percibido <i>Rating of Perceived Exertion</i>
SS	Stress Score
TRIMP	Training Impulse
TRIMPMOD	TRIMP de STAGNO
TRIMPi	TRIMP Individual
TRIMPm	TRIMP modificado
TQR	Escala de calidad total de recuperación
UA	Unidades arbitrarias
VO₂max	Volumen máximo de oxígeno
VIFT	Velocity intermittent fitness test
VFC	Variabilidad de la Frecuencia Cardiaca
VT1	Primer umbral ventilatorio
VT2	Segundo umbral ventilatorio

Introducción

La cuantificación de la carga interna de entrenamiento es considerada una temática relevante en las ciencias del deporte (Saboul, Balducci, Millet, Pialoux, & Hautier, 2015), ya que su control es fundamental para maximizar las adaptaciones positivas al entrenamiento (Buchheit et al., 2013). Es sabido que un desequilibrio en la carga de entrenamiento y la recuperación conducen a un estado negativo de fatiga crónica que puede culminar en el síndrome de sobre-entrenamiento (Carvalho et al., 2015), por lo que dentro de la planificación de las cargas de entrenamiento es importante tomar en cuenta la recuperación como un componente fundamental (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, & Lemmink, 2010).

La recuperación es un proceso fisiológico que implica la respuesta integrada de diferentes sistemas para regresar a la homeostasis (Stanley, Peake, & Buchheit, 2013a), la cual implica remover metabolitos en la sangre, estabilizar el pH (Hargreaves et al., 1998), la temperatura corporal (Shirreffs, Armstrong, & Cheuvront, 2004), la respuesta endócrina y la respuesta inmune (Fragala et al., 2011), lo cual es regulado en gran parte por el sistema nervioso autónomo (SNA).

Con la intención de controlar la carga interna, que se considera como el efecto fisiológico que tiene el ejercicio sobre el cuerpo, se han propuesto diferentes métodos. Algunas investigaciones muestran mediciones prácticas a través de evaluaciones subjetivas como el índice de esfuerzo percibido de la sesión (*Rating of Perceived Exertion*, sRPE), que permite evaluar la intensidad del ejercicio (Barroso, Salgueiro, Do Carmo, & Nakamura, 2015) y la carga interna de entrenamiento de manera aceptable (Borresen & Lambert, 2009). Otro método utilizado es el impulso de entrenamiento *Training Impulse* (TRIMP), propuesto por Banister y Calvert en la década de los ochenta (Hayes & Quinn, 2009). Mientras que para la evaluación de la recuperación se suelen aplicar cuestionarios que evalúan el balance estrés recuperación, desde un enfoque más amplio incluyendo dimensiones más específicas como la percepción del estrés y la recuperación desde una perspectiva general y específico al deporte como lo es el RESTQ-Sport (Kellmann, 2010). Aunque se ha

demostrado que este cuestionario tiene buenos resultados el tiempo para su resolución es muy extenso por lo que en esta investigación se propone un nuevo método para la evaluación de la recuperación denominada escala de recuperación subjetiva (ERS)

Por otra parte, el SNA durante el ejercicio regula la función cardiovascular para satisfacer las necesidades metabólicas de los músculos activos (Martinmäki & Rusko, 2008). Por lo que se sugiere que la evaluación del SNA, mediante la actividad cardíaca, pueda considerarse como una evaluación de los cambios inducidos por el ejercicio (Holzman & Bridgett, 2017).

La evaluación de la actividad del SNA se ha venido realizando mediante la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), la cual mide el tiempo que transcurre entre los intervalos R-R consecutivos de un electrocardiograma (Task Force, 1996); una herramienta muy prometedora que a través de sus parámetros nos permite monitorear el equilibrio simpático-parasimpático del SNA y se ha implementado con gran aceptación durante la última década en el deporte por ser de fácil acceso y un método no invasivo, brindando una gran ventaja al momento de realizar evaluaciones en el control de las adaptaciones al entrenamiento y la recuperación posterior al ejercicio (Sánchez et al., 2013), además del análisis de la fatiga tanto en condiciones de entrenamiento como de competencia (Wallace, Slattery, & Coutts, 2014).

La medición de la recuperación mediante la VFC ha sido ampliamente estudiada, con diferentes propósitos, a través de parámetros de dominio de tiempo, dominio de frecuencia y el diagrama de Poincaré. Existen diversos estudios que abordan el monitoreo de la carga mediante distintas metodologías. Algunos utilizan la VFC después de sesiones de entrenamiento con diferente intensidad o volumen, evaluando la reactivación parasimpática inmediatamente post-ejercicio (Stanley et al., 2013a), mientras que otros la evalúan en condiciones de reposo por la mañana al día siguiente de la sesión de entrenamiento (Naranjo, De La Cruz, Sarabia, De Hoyo, & Domínguez, 2015b) o en registros de sueño (Vesterinen et al., 2015).

En la práctica actual, el parámetro más utilizado para el monitoreo regular de deportistas es el logaritmo de la raíz cuadrada de la suma de la media de las

diferencias de los cuadrados de los intervalos R-R consecutivos (LnRMSSD) y el diámetro transversal del diagrama de dispersión de Poincaré (SD1), que reflejan la actividad parasimpática (Buchheit, 2014; Schmitt, Regnard, & Millet, 2015). Sin embargo, en recientes investigaciones se han probado nuevos parámetros para la interpretación del LnRMSSD, en estos estudios han encontrado que la evaluación del coeficiente de variación (CV) semanal de este parámetro puede tener información sobre las adaptaciones negativas o positivas con el rendimiento (Plews, Laursen, Kilding, & Buchheit, 2012; Flatt, Esco, Nakamura, & Plews, 2016; Ornelas et al., 2017). Mientras que otro estudio utilizó el valor de las pendientes del comportamiento de la VFC como una información innovadora que pudiera informar la tendencia de la VFC (Plews et al., 2012).

Con la intención de interpretar la actividad simpática se ha estudiado el cociente $SD1/SD2$, es decir, dividir el diámetro transversal entre el diámetro longitudinal del diagrama de Poincaré evaluando la interacción entre la actividad simpática y parasimpática. Sin embargo, su interpretación no es clara debido a que ambos términos de la relación aumentan o disminuyen de forma simultánea (Naranjo, De La Cruz, Sarabia, De Hoyo, & Domínguez, 2015b). Como respuesta a esta problemática, Naranjo, De La Cruz, Sarabia, De Hoyo, & Domínguez, (2015b) propusieron el Stress Score (SS) con el propósito de obtener un parámetro que reflejara a la actividad simpática. El sustento que otorgan estos autores al SS es la relación que mostro con los parámetros de dominio de tiempo, mientras que Proietti et al. (2017) suman a este fundamento que durante la aplicación de la atropina para el bloqueo parasimpático en condiciones de reposo resulta en una reducción lineal progresiva de SD1 mientras que el SD2 permanecía estable,. Por otra parte, este parámetro, además de evaluar la fatiga y la recuperación, en algunas investigaciones también ha sido utilizado como un marcador de carga interna, uno de los motivos que hacen pensar esto su capacidad para evaluar la modulación simpática, parasimpática , que puede evaluar la respuesta individual a determinada carga, deduciendo que estos pudieran ser un indicador de la carga interna (Nieto-Jimenez, Pardos-Mainer, Ruso-Álvarez, & Naranjo-Orellana, in press).

En resumen, son abundantes los métodos utilizados para la evaluación de la VFC en deportistas, sin tener clara la efectividad de estos métodos.

La justificación de la investigación se basa en la evaluación del efecto de las cargas de entrenamiento sobre la VFC en voleibol femenino de alto nivel, centrando el análisis en los índices de actividad simpática y parasimpática; estos índices brindan información sobre la capacidad de estrés y recuperación y existe muy poca literatura que aborde el comportamiento de la VFC mediante la evaluación simpática, reflejando lo que sucede a nivel fisiológico durante el ejercicio. Por lo que es conveniente analizar la VFC mediante el LnrMSSD y el SS para incrementar el entendimiento sobre la interacción de las vías parasimpáticas y simpáticas del sistema nervioso autónomo en los atletas en la modalidad del deporte intermitente del voleibol, el cual se caracteriza por interponer periodos de descanso con acciones de alta intensidad de tipo anaeróbico aláctico.

Los resultados de la investigación están orientados a entrenadores, atletas y médicos del deporte, mediante la implementación de herramientas que faciliten la evaluación del desempeño físico de los deportistas por lo que tendrá un impacto social. Se utilizarán técnicas novedosas para la medición del estrés fisiológico durante entrenamiento, permitiendo a entrenadores mejorar el rendimiento de sus atletas, cuantificando de forma objetiva las cargas internas, apoyando la planificación del entrenamiento con un sustento fisiológico, por lo que el estudio tendrá implicaciones prácticas.

En el presente trabajo se busca encontrar sustento científico de los nuevos métodos de evaluación que se han propuesto como índices que prometen mejorar la interpretación de la actividad simpática, parasimpática y los cambios físicos logrando la aplicabilidad y reproducción en voleibol, por lo que tiene un alto nivel teórico.

Consideramos que la investigación es viable, ya que la Facultad de Organización Deportiva es una de las instituciones de deportes con la infraestructura para la realización de evaluaciones sobre entrenamiento y rendimiento deportivo, mediante análisis bioquímico, análisis fisiológico, psicológico, nutricional, biomecánico

y composición corporal. Además de contar con el material humano especialista en el área de conocimiento que se pretende estudiar. Por otra parte, Nuevo León es un estado que cuenta con una villa olímpica la cual alberga a deportistas de alto nivel y donde se realizan concentraciones de selección mexicana en su preparación para competencias importantes, lo que lo convierte en un foco de atención para la realización de investigaciones con sus atletas de alto rendimiento.

Por todo lo anterior nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cómo se relacionan los parámetros de actividad simpática y parasimpática con la carga interna de entrenamiento y los cambios en rendimiento durante un campamento de cuatro microciclos de preparación en jugadoras de la selección mexicana de voleibol?

El objetivo general es evaluar los cambios del LnrMSSD, LnrMSSDcv y el SS frente a otros métodos de evaluación de la carga interna y su relación con los cambios físicos, en atletas de selección mexicana de voleibol femenino.

Los objetivos específicos que se plantearon para la obtención del objetivo general fueron:

1. Analizar el comportamiento del SS, LnrMSSD, TRIMP, sRPE y ERS durante los cuatro microciclos de manera grupal e individual.
2. Analizar el comportamiento del promedio móvil diario del SS y el LnrMSSD de manera individual
3. Correlacionar los resultados de SS y el LnrMSSD con los parámetros TRIMP, sRPE y ERS.
4. Analizar el CV de las medidas del LnrMSSD y su relación con los cambios en rendimiento de las pruebas físicas.
5. Correlacionar las pendientes del LnrMSSD y el SS con los cambios en rendimiento de las pruebas físicas.
6. Evaluar el estrés-recuperación mediante el RESQT- Sport al inicio y final de la concentración.

Estructura general del documento

El documento de tesis doctoral incluye los apartados de introducción, marco teórico, marco metodológico, resultados, discusiones, conclusiones y la posible aplicación práctica.

En la introducción se desarrolla el planteamiento del problema, justificación desde diferentes enfoques metodológicos, objetivo general y específicos, pregunta de investigación y la estructura general del documento.

El marco teórico muestra los antecedentes, descripción de las variables y su participación en diferentes estudios de investigación, abordado en los subtemas: voleibol, planificación del entrenamiento deportivo, entrenamiento, respuesta fisiológica al entrenamiento, evaluación del rendimiento, fatiga, recuperación, cargas de entrenamiento, métodos de cuantificación de la carga interna, métodos de carga interna subjetivos, métodos objetivos con variables fisiológicas, sistema nervioso autónomo y variabilidad de la frecuencia cardiaca.

El apartado metodológico presenta la descripción de la investigación, su enfoque, muestra, los procedimientos realizados para cada una de las mediciones, instrumentos para el análisis de las variables y las herramientas utilizadas para el procesamiento de los resultados.

Los resultados, se presentan de manera escrita y grafica mediante figuras y tablas. Posterior a ello se realizan las discusiones con base a los resultados encontrados, tratando de darles una interpretación basada en evidencia científica, además de comparar los resultados con la literatura.

Marco teórico

Voleibol

El voleibol es un deporte de conjunto que presenta características específicas, está compuesto por acciones individuales y colectivas, además de las realizadas por el equipo rival (Zhelezniak, 1993), es por ello que los movimientos que se desarrollan en los entrenamientos y en los juegos son muy específicos, dentro de ellos destacan los cambios de dirección rápidos, desplazamientos cortos, recibir balones en posiciones complejas, además de efectuar saltos intensos con elementos técnicos incorporados (Black, 1995), esto requiere el desarrollo de habilidades como la velocidad, agilidad potencia muscular en brazos y piernas y potencia aeróbica máxima (Gabbett, Georgieff & Domrow, 2007).

La mayoría de las acciones del voleibol están distinguidas por ser muy cortas y explosivas, con una producción de energía principalmente por la vía anaeróbica aláctica (Jelena, Popadic, Otto & Nikola, 2009) y en menor medida por la anaeróbica láctica y procesos oxidativos (Smith, Roberts & Watson, 1992). La resistencia dentro del voleibol es un componente importante y esta se presenta principalmente mediante la resistencia de base, resistencia especial y resistencia específica. La primera de ellas se desarrollara mediante ejercicios aeróbicos de baja intensidad mientras que la resistencia especial, donde el aporte energético se hace por la vía anaeróbica láctica y esta se estimula mediante estímulos de corta duración de predominio anaeróbico la resistencia específica mejorara con esfuerzos intensos que activan la vía glucolítica (Silva-grigoletto et al., 2008).

Características Antropométricas.

Las características antropométricas son diferentes de acuerdo con el nivel competitivo, no obstante, los valores de talla y masa corporal pueden variar entre $164,3 \pm 4,0$ cm y $62,5 \pm 8,0$ kg a $187 \pm 5,4$ cm y $75,1 \pm 7,4$ kg, respectivamente. Atribuyendo estas variaciones a factores, tales como el perfil genético de los jugadores, su nivel de juego (Lidor & Ziv, 2013). Se ha establecido que en los mejores equipos de voleibol a nivel internacional, en particular femenino, predomina la masa muscular sobre el tejido adiposo, teniendo una tendencia a encontrar el somatotipo mesomórfico

(Papadopoulou, Gallos, Paraskevas, Tsapakidou & Fachantidou, 2002). Esto toma relevancia ya que estos parámetros han sido relacionados con el rendimiento y se ha demostrado que a mayor porcentaje de grasa corporal menor es la altura alcanzada en el salto vertical (Fleck, Case, Puhl & Van, 1985).

El principio de la individualidad dentro del voleibol no puede quedar aislado al momento de la planificación, ya que las posiciones establecidas en el deporte durante los juegos suelen tener características específicas, por ejemplo, Luarte, González & Aguayo (2014), demostraron que existen diferencias significativas en el test de salto con contramovimiento y el test de salto con contramovimiento y ayuda de los brazos (Abalakov) en relación a la posición de juego, principalmente entre las posiciones punta y centrales con respecto a las armadoras y líberos, además de encontrar relación positiva entre el nivel de equipo y el rendimiento de recepción y el bloqueo (Palao, Santos & Ureña, 2004)

Planificación del entrenamiento deportivo

La teoría del entrenamiento deportivo se desarrolló sobre la base de las experiencias prácticas que se acumularon desde el restablecimiento de los juegos olímpicos, después de la segunda guerra mundial (Koprivica, 2012). A la fecha, uno de los componentes más importantes del rendimiento en deportistas contemporáneos, es la organización del entrenamiento (Verkhoshansky & Siff, 2014). La cual generalmente se hace por medio de la periodización o una distribución planificada de la carga de entrenamiento para las competiciones más importantes del año (Bartolomei, Hoffman, Merni & Stout, 2014).

La periodización es una de las ramas de la teoría del entrenamiento establecida en la década de los 60s, por un grupo de investigadores liderados por Lev Pavilovch Matveev, quienes publicaron un modelo de periodización conocido como “Periodización tradicional” que se convirtió en un referente durante décadas (Bessa de Oliveira & Da Silva, 2005). Este modelo fue diseñado para programas con una sola competición importante (Forteza & Fajardo, 2004). El modelo de periodización tradicional fue basado en las experiencias del deporte de alto rendimiento de la antigua Unión Soviética y en estudios fisiológicos publicados por destacados científicos

soviéticos (Issurin, 2010a). Está generalmente basado en sesiones de entrenamiento, días de entrenamiento, microciclo, mesociclo, macrociclo, ciclo olímpico y ciclo multianual, donde el día puede comprenderse por una o más sesiones de entrenamiento de acuerdo con el volumen establecido, mientras que el microciclo será determinado por las sesiones de entrenamiento en un periodo de varios días, y así sucesivamente las unidades inferiores van formando las superiores como el microciclo al mesociclo y el mesociclo al macrociclo. El macrociclo es caracterizado por la preparación para una competencia fundamental generalmente anual y el multianual es una preparación superior al ciclo olímpico (Verkhoshansky & Siff, 2014).

Décadas más tarde, a principios de los años ochenta, el término "bloques de entrenamiento" se hizo popular y ampliamente utilizado entre los entrenadores de alto rendimiento. El cual se refería a un ciclo de entrenamiento con cargas de trabajo altamente especializadas y estos ciclos contienen un gran volumen de ejercicios dirigidos a un número mínimo de habilidades. Éste no se conceptualizó rápidamente. Sin embargo, los enfoque de planificación mediante los bloques de entrenamiento parecían una alternativa a la formación mixta tradicional, el cual fue objeto de críticas por parte de entrenadores e investigadores, pero el aumento de los intentos por implementar bloques de entrenamiento condujeron a la aparición de la preparación llamada periodización de bloques (Issurin, 2010). Este método cuenta tres factores: la acumulación, en la cual los deportistas acumulan el potencial de las habilidades motrices básicas y técnicas; la transformación, en donde los deportistas transfieren su potencial motor a la preparación específica de la competición, y la realización, donde los deportistas realizan su preparación con el desarrollo de sus capacidades al máximo listos para competir y conseguir el resultado planificado (Issurin, 2012, p.167-168).

En el contexto de la investigación, el tipo de periodización no ha demostrado ninguna ventaja clara en cualquier modelo de entrenamiento con respecto a la fuerza y mejoras de potencia (Bartolomei et al., 2014). Concluyendo que, el modelo de periodización que se utilice dependerá de las necesidades competitivas y el nivel deportivo en que se encuentren los deportistas, por otra parte es importante resaltar que el modelo de periodización que se elija debe respetar los principios del

entrenamiento, conocer los requerimientos energéticos del deporte a entrenar y enfatizar el principio de súper compensación (Bessa de oliveira & da Silva, 2005).

Este principio es inducido por la carga física, sirve como estímulo para la reacción posterior. La carga única, que se considera la primera fase del ciclo, causa fatiga aguda y reducción en la capacidad de trabajo del atleta. La segunda fase se caracteriza por una marcada fatiga y un pronunciado proceso de recuperación; en consecuencia, hacia el final de esta fase la capacidad de trabajo del atleta aumenta y alcanza los niveles de precarga. Durante la tercera fase, la capacidad de trabajo continúa aumentando, superando el nivel anterior y alcanzando el clímax, que corresponde a la fase de supercompensación. En la cuarta fase, la capacidad de trabajo vuelve al nivel de pre-carga (Issurin, 2010).

Entrenamiento

El entrenamiento llevado a cabo regularmente induce una variedad de adaptaciones metabólicas, morfológicas y músculo esqueléticas que ayudan a tener un mejor rendimiento en estos aspectos en entrenamientos posteriores (Hawley, 2002). Un programa de entrenamiento con una buena organización toma en cuenta el principio de sobrecarga progresiva, el cual menciona que para lograr mayores beneficios sobre el entrenamiento éste debe de ser progresivo de acuerdo con las adaptaciones que el organismo vaya adquiriendo (Wilmore & Costill, 2010). El entrenamiento de alta intensidad de corta duración y baja intensidad de alta duración, son componentes de los programas de entrenamiento para los deportistas de alto rendimiento con competencias (Laursen, 2010).

Su principal objetivo es maximizar los efectos del entrenamiento, regular los efectos de fatiga y evitar el sobreentrenamiento; éste toma en cuenta principalmente el siguiente proceso de aplicación: carga → fatiga → recuperación y durante este ciclo los entrenadores manipulan los componentes de la carga de entrenamiento como lo son el volumen, la intensidad y la densidad del entrenamiento (Krasilshchikov, 2010).

Componentes de la carga de entrenamiento

El volumen se refiere a aspectos cuantitativos de las cargas de entrenamiento, el cual va determinado por las horas de entrenamiento kilogramos o toneladas levantadas por sesión, número de series, repeticiones por ejercicios, distancias que van a variar dependiendo del nivel de los deportistas y los requerimientos por cada deporte (Bompa, 2009). La intensidad de la carga es la forma cualitativa y esta depende del nivel del deportista y el periodo de la temporada (García, Navarro, & Ruiz, 1996). Esta condiciona la fuerza y el efecto sobre el cuerpo, o bien la dificultad del entrenamiento. Este aspecto de la carga se puede desarrollar durante periodos específicos del ciclo anual, siempre y cuando se haya concluido la preparación preliminar con cargas a intensidades bajas (Verkhoshansky & Siff, 2014). La densidad es la relación entre el trabajo realizado y la recuperación al mismo, siendo una unidad temporal que debe organizarse durante los entrenamientos. El tiempo que se emplea en el descanso, tiene como finalidad recuperar a los atletas por los esfuerzos realizados por medio de descansos pasivos y favorecer los procesos de adaptación mediante descansos activos (García et al., 1996).

Respuesta fisiológica del entrenamiento

Los principales efectos del entrenamiento de alta intensidad sobre el rendimiento deportivo y adaptaciones fisiológicas se manifiestan principalmente por adaptaciones músculo esqueléticas (Milanez, Ramos, Lepretre, Leme, & Nakamura, 2014) incluyendo aumentos en la capacidad de la respiración muscular (Laursen, 2010). Dependiendo del acondicionamiento orientado a la alta intensidad o entrenamiento de resistencia, la adaptación fisiológica puede ser central o periférica. A intensidades por debajo del 70 al 80 % del $\text{VO}_{2\text{max}}$, las adaptaciones centrales incluyen una mejoría de la capacidad del corazón para bombear sangre por el aumento sistólico, provocando bradicardias en los atletas (Achten & Jeukendrup, 2003). A medida que la intensidad aumenta por arriba del 80% del $\text{VO}_{2\text{max}}$, se producen importantes adaptaciones periféricas como la capilarización muscular, la actividad enzimática oxidativa, el volumen mitocondrial, la densidad. Como consecuencia de las

anteriores adaptaciones centrales y periféricas tendremos el aumento del VO_2max y la economía del ejercicio (Stone & Kilding, 2009).

El entrenamiento de resistencia da lugar a profundas adaptaciones cardiovasculares y del músculo esquelético que mejoran la resistencia a la fatiga y aumentan la capacidad física. Algunas de las adaptaciones que ocurren a nivel central después del entrenamiento de resistencia incluyen el aumento del volumen sistólico, hipertrofia ventricular, aumento de las propiedades contráctiles cardíacas, expansión del volumen sanguíneo y cambios hematológicos. En el músculo esquelético, hay un aumento en el contenido mitocondrial, enzimas metabólicas, la densidad capilar, las transformaciones de las fibras rápidas a tipos de fibra lenta, así como la mejora de los conductos vasculares (Ihsan, Watson & Abbiss, 2016).

En otro orden de ideas, es relevante mencionar que los atletas pueden experimentar adaptaciones negativas después de la prolongación de entrenamientos intensos, pudiendo dañar el tejido muscular por factores metabólicos o mecánicos y como consecuencia pueden experimentar dolor muscular, contracturas e inflamación (Brancaccio, Lippi & Maffulli, 2010). A pesar de que los deportistas de elite tienen días intensos de entrenamiento o competencia, es ampliamente reconocido por los entrenadores que no balancear correctamente el entrenamiento y la recuperación puede llevarlos a un estado de sobreentrenamiento, lo cual puede resultar en una disminución del rendimiento, fatiga y otros síntomas (Purvis, Gonsalves, & Deuster, 2010). Se ha demostrado que cuando se reduce la carga de entrenamiento, la fatiga se disipa más rápido que la adaptación, lo que permite un rendimiento máximo (Chalencon et al., 2012).

Evaluación del rendimiento

30-15 Prueba de aptitud intermitente (*Intermittent Fitness Test 30-15IFT*)

El 30-15 IFT nace por la necesidad de una prueba de campo que pudiera medir, además del VO_2max , otros factores como: la capacidad de generar cambios de dirección de alta intensidad, la capacidad de recuperación en esfuerzos repetidos y la capacidad anaeróbica (Buchheit, 2010). El principal atributo del 30-15 IFT es el poder

evaluar diversas variables fisiológicas involucradas con el rendimiento de carácter intermitente, a diferencia de la mayoría de los test continuos que solo dan una estimación del VO₂max (Buchheit, 2008).

La prueba consiste en recorridos de ida y vuelta en un espacio de 28 metros, intercalando etapas de esfuerzo con duración de 30 segundos y etapas de recuperación de 15 segundos. Es una prueba de carácter incremental, iniciando a ocho kilómetros por hora con aumentos de 0.5 km por etapa, el ritmo de carrera está determinado por un audio pregrabado que permite a los sujetos ajustar su carrera en las zonas de 3, ubicadas 3 metros en el medio y en cada extremo de las líneas de medición, durante los 15 segundos de descanso los jugadores tienen que avanzar a la zona más cercana de inicio (dependiendo de donde se haya finalizado la etapa), se debe incentivar a los sujetos a realizar su máximo esfuerzo y terminar el mayor número de etapas posibles, la prueba termina cuando el sujeto no pudo mantener el ritmo de la carrera, siendo incapaz de llegar a las líneas en tres ocasiones consecutivas, la velocidad de la última etapa completada se considerara como la VIFT y con ella se podrá estimar el consumo máximo de oxígeno con la siguiente formula:

$$VO_{2max} \text{ 30-15 IFT (mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}) = 28.3 - 2.15 G - 0.741 A - 0.0357 W + 0.0586 A \times VIFT + 1.03 VIFT$$

Donde: “G” es el sexo (mujeres = 2, hombres = 1); “A” es la edad y “W” es el peso en kg (Buchheit, 2010).

Uno de los beneficios de la prueba es que, al evaluar diferentes cualidades fisiológicas, la velocidad final que se obtiene (VIFT) es adecuada para la individualización del entrenamiento de tipo intermitente para sujetos que muestran diferente capacidad aeróbica y anaeróbica, ya que cuando se usa la VIFT como velocidad para determinar la distancia en las carreras intermitentes las demandas cardio respiratorias tienen menores diferencias inter sujeto. Tomando gran relevancia en los deportes de conjunto ya que se puede brindar una carga de entrenamiento similar a los demás (Buchheit, 2008).

Los primeros estudios de la prueba fueron realizados en deportistas de balonmano y de basquetbol, sin embargo, gracias a su buena confiabilidad, ha sido utilizada por otras poblaciones como en rugby donde se encontraron fuertes relaciones entre la VIFT y la capacidad aeróbica ($r = 0.63$), con la potencia aeróbica ($r = 0.68$) y con la capacidad de repetición de sprint ($r = 0.71$) determinando su buena fiabilidad en la liga australiana de rugby (Scott et al., 2016). Otro estudio en basquetbol femenino determinó que el 30-15 IFT es una prueba adecuada para esta población ya que logró detectar mejoras en el rendimiento después de una intervención de entrenamiento (Bruce & Moule, 2017). En fútbol se demostró que la VIFT del 30-15 IFT es una evaluación de rendimiento confiable que puede ser muy útil para monitorear las adaptaciones del entrenamiento (Thomas, Dos' Santos, Jones & Comfort, 2016). En el fútbol femenino resultó una prueba válida y fiable para evaluar y monitorear los cambios de la aptitud aeróbica, además de que los autores la sugieren como práctica a la hora de evaluar a muchos sujetos a la vez (Covic et al., 2016). Por otra parte, esta prueba también ha sido modificada con la intención de ser más específica en otros deportes, tal como la modificación en basquetbol donde se disminuye la distancia de 40 metros a 28 metros (Buchheit & Haydar, 2009) y en hockey de hielo (Buchheit, Lefebvre, Laursen & Ahmaidi, 2011).

Fatiga

La fatiga constituye diversos estados que se caracterizan por el agotamiento físico y cognitivo (Fernández & Delgado, 2003), la mayoría de los autores que estudian la fatiga coinciden en que ésta es la disminución en la capacidad para generar fuerza (Place, Yamada, Bruton & Westerblad, 2010). Esto involucra cambios en todos los niveles de las vías motoras, desde el cerebro hasta el trabajo muscular (Bogdanis, Papaspyrou, Theos & Maridaki, 2007). Esta puede manifestarse de forma subjetiva y objetiva. En el caso de la forma subjetiva, es caracterizada por la percepción de cansancio, somnolencia y poca concentración, mientras que de forma objetiva pudiera ser provocada por depósitos de energía agotados, lesiones musculares, exceso en la producción de citoquinas o estrés oxidativo (Purvis et al., 2010).

La fatiga afecta a la pérdida de fuerza además de la coordinación de los movimientos, precisión en los movimientos motores, tiempo de la reacción muscular y la capacidad propioceptiva, (Madigan & Pidcoe, 2003) además de tener efectos nocivos sobre el cuerpo, tales como el aumento de la laxitud ligamentosa y la disminución de la sensibilidad de los receptores mecánicos (Iguchi, Tateuchi, Taniguchi & Ichihashi, 2014), dando lugar a alteraciones biomecánicas y factores neuromusculares asociados con el riesgo de lesiones músculo esqueléticas (Kellis & Kouvelioti, 2009). La fatiga es influenciada por varios factores, como un sueño deficiente, alta actividad cognitiva o un ejercicio físico extenuante o prolongado, en este último caso la fatiga se asocia con la depleción de los sustratos energéticos en los músculos (Michael, Daugherty, Santos, Ruby, & Kalns, 2011).

La fatiga puede ser de origen periférico o central, donde esta última se refiere a los procesos proximales como la unión neuromuscular y la fatiga periférica, a los de procesos distales de la misma (Kumpulainen et al., 2015). La fatiga central incluye factores supra espinales y espinales (Petersen, Hansen, Aagaard & Madsen, 2007), se ha demostrado que el componente supra espinal de la fatiga central parece estar implicado particularmente en la reducción inducida por la fuerza de las contracciones prolongadas de baja carga más que esfuerzos máximos (Zghal et al., 2015). Es definida como una progresiva reducción en la activación voluntaria del músculo durante el ejercicio que puede ser originaria a nivel espinal y supra espinal (Kumpulainen et al., 2015).

La fatiga periférica se refiere a las propiedades contráctiles del músculo, la transmisión y la velocidad de conducción del potencial de acción de las terminaciones nerviosas a través del sarcolema (Petersen et al., 2007). La disminución de la fuerza por este tipo de fatiga se atribuye principalmente a los cambios en los niveles de iones intracelulares que ejercen un efecto negativo sobre la fuerza contráctil. Durante la fatiga periférica, la acumulación de lactato y de potasio extracelular, junto con una disminución del pH, afecta la excitabilidad de la membrana (Zwarts, Bleijenberg & van Engelen, 2008).

Existen distintas formas para la evaluación de la fatiga, estas se pueden llevar a cabo con métodos directos e indirectos, biológicos y psicológicos. El tipo de herramienta que se utiliza para la medición de este fenómeno depende mucho de los medios con los que se cuente.

Recuperación

La recuperación en el entrenamiento deportivo la podemos definir como la reducción de la carga de trabajo, puesto que si la definiéramos como la ausencia de carga, esto conllevaría una pérdida del estado en forma de los atletas (Fernández & Fernández, 2013), y esta desempeña un papel muy importante en el rendimiento (Van Der Does et al., 2015). En el contexto de la fisiología del ejercicio, la recuperación implica la respuesta integrada de diferentes sistemas que devuelven el cuerpo a un nivel inicial o a uno más elevado de homeostasis a través de adaptaciones agudas (Stanley et al., 2013a). Una recuperación adecuada disminuye la fatiga, acelera la tasa de regeneración fisiológica, facilita la sobrecarga, puede disminuir el riesgo de lesión y mejora la supercompensación. Por lo tanto, la recuperación se puede considerar un componente significativo de la formación y del funcionamiento atlético (Coffey, Leveritt, & Gill, 2004).

Durante la realización de ejercicios de alta intensidad, el pH intramuscular baja y hay también una elevación del lactato; esto juega un papel importante en el desarrollo de la fatiga muscular. Por lo que se ha argumentado que la rápida eliminación de lactato y la elevación del pH después de la actividad física de alta intensidad, es fundamental para la recuperación posterior de la capacidad física de trabajo, particularmente en condiciones que implican ejercicios físicos con repeticiones consecutivas de alta intensidad (Fairchild et al., 2003). Además de los sistemas metabólicos durante la recuperación inmediata después del ejercicio, se producen cambios rápidos en la función cardíaca. Durante la recuperación que ocurre después del cese del ejercicio, se aumenta la actividad parasimpática y una disminución de la actividad simpática (Kaikkonen, Nummela & Rusko, 2007).

Reconocer la recuperación como un principio importante de la formación ha llevado a investigar una variedad de estrategias de recuperación que pueden ayudar

al mantenimiento del rendimiento en los deportistas, los que destacan en la literatura son una correcta nutrición y un adecuado descanso (Crowther, Sealey, Crowe, Edwards & Halson, 2017). La correcta nutrición suscita la regeneración muscular, la restauración del glucógeno y reduce la fatiga, mejorando factores físicos como inmunológicos, ayudando en sí a estar en forma para la siguiente demanda física que requiera su deporte. Las principales estrategias nutricionales para la recuperación han sido basadas en la ingesta de macronutrientes como los carbohidratos y proteínas, así como la hidratación, además el uso de micronutrientes o los suplementos (Heaton et al., 2017). En lo que respecta a la recuperación durante el sueño se ha sugerido que el correcto descanso aumenta los mecanismos de resíntesis proteica muscular y estimula los procesos que se dan en la degradación muscular (Bonnar, Bartel, Kakoschke & Lang, 2018).

Por otra parte, también se han encontrado medios físicos como la llamada recuperación activa que consiste en ejercitarse a una intensidad moderada después de realizar sesiones del ejercicio de alta intensidad este tipo de recuperación ayuda a acelerar la resíntesis de lactato (Fernández & Fernández, 2013). Otro método de recuperación que ha sido utilizado ampliamente ya que presenta evidencia de poder acelerar el proceso de la recuperación es la crioterapia, misma que consiste en realizar inmersiones en agua fría considerándose ser muy eficaces para reducir la temperatura de los tejidos, además de demostrar propiedades antiinflamatorias y la reducción del dolor muscular en comparación con la recuperación pasiva después de diferentes protocolos de ejercicio exhaustivos que provocan daño muscular (Hohenauer, Taeymans, Baeyens, Clarys & Clijnen, 2015).

Cargas de entrenamiento

Por la serie de adaptaciones fisiológicas tanto positivas como negativas, la aplicación de la carga de entrenamiento adecuada es importante. Para ello la cuantificación de las cargas se ha utilizado como una herramienta de utilidad en el seguimiento del entrenamiento (Saboul et al., 2015); es esencial para lograr el máximo rendimiento, ya que permite a los entrenadores evaluar cómo el atleta responde a los estímulos del ejercicio, ayuda a realizar cambios en la periodización, prevenir la fatiga

y el sobreentrenamiento (Perandini, Siqueira-Pereira, Okuno, Soares-Caldeira & Nakamura, 2012; Scott, Lockie, Knight, Clark, & De Jonge, 2013).

La carga de entrenamiento se puede describir como interna o externa, dependiendo si está mide la respuesta interna de los sujetos o la carga aplicada externamente (Impellizzeri, Marcora & Coutts, 2019). La carga externa es definida como el trabajo completado por los atletas, prescrita por el entrenador, es expresada en minutos, repeticiones, distancias (Brink et al., 2010), en sí la carga externa son las actividades diarias que realizan los sujetos durante sus entrenamientos y dependiendo el deporte es la forma de contabilizar esta carga, en deportes de resistencia se suele expresar mediante el tiempo del ejercicio y la intensidad, por ejemplo 40 minutos a 8 km/hora, mientras que en otro tipo de deportes como los de equipo se han implementado novedosos métodos de medición como el uso de dispositivos análisis del tiempo y movimiento por sus siglas en inglés (*time-motion análisis*, TMA) que incluyen sistemas conocidos por sus siglas en inglés como *global positioning system* (GPS) (Akubat, Patel, Barrett, & Abt, 2012a; Halson, 2014).

Un modelo teórico sugiere que la carga interna es responsable de las adaptaciones al entrenamiento, además se cree que las variaciones de la carga en diferentes períodos de preparación, juegan un papel importante en el éxito del proceso de la preparación (Barroso et al., 2015) y esta es definida como el estrés fisiológico inducido por el ejercicio, y es influenciada por la respuesta del organismo ante la combinación de intensidad, duración y frecuencia del entrenamiento (Desgorces, Sénégas, Garcia, Decker & Noirez, 2007), por lo tanto puede ser determinado como la respuesta interna de los deportistas al entrenamiento y esta explica las diferencias entre sujetos a una misma carga externa dada, es ahí donde interviene el nivel de aptitud física y aspectos psicosociales (Scott, Lockie, Knight, Clark & De Jonge, 2013) (ver figura 1). Entonces es preciso decir que la medición de la carga interna es a través de indicadores que reflejen la respuesta psicofisiológica para afrontar el efecto de la carga externa (Impellizzeri et al., 2019). A diferencia de la carga externa estas medidas suelen ser más complicadas (Alexiou & Coutts, 2008). estos indicadores pueden ser la frecuencia cardíaca, el consumo de oxígeno, marcadores salivales y de sangre

(Djaoui, Haddad, Chamari, & Dellal, 2017). Mientras que también se han propuesto diversas herramientas matemáticas que toman en cuenta estos indicadores con la intención de poder describir los efectos de las cargas físicas sobre el rendimiento, para de esa manera mejorar la comprensión del entrenamiento y los periodos de recuperación en los deportistas (Chalencon et al., 2012; Scott et al., 2013).

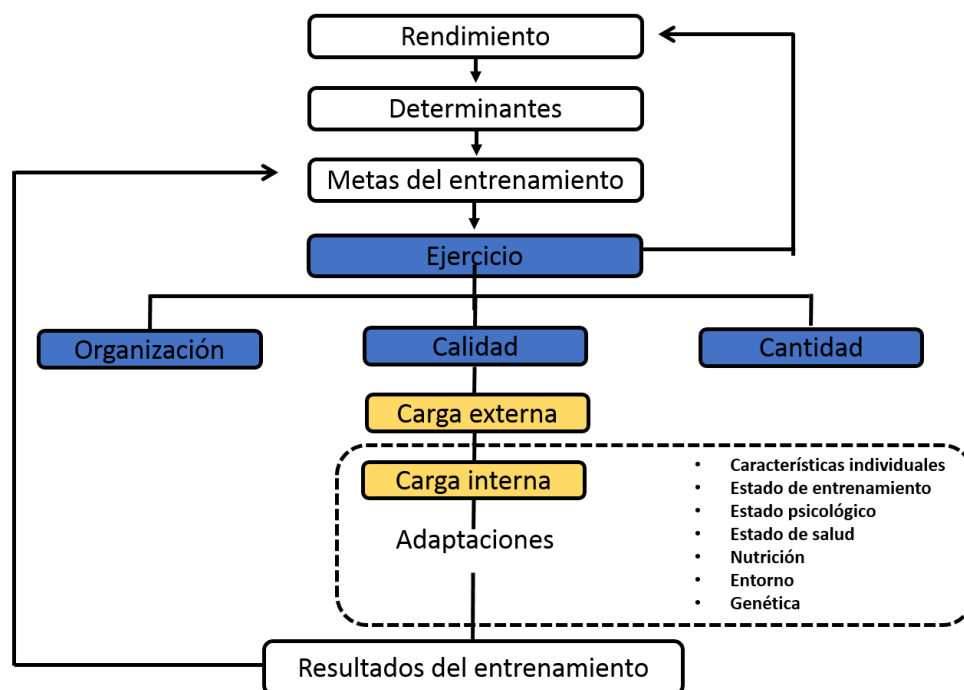


Figura 1. Teoría del proceso de entrenamiento Modificada de Impellizeri, Marcora, & Coutts (2019).

Métodos de cuantificación de carga interna

Optimizar el entrenamiento envuelve primeramente la cuantificación del ejercicio que realizan los atletas; en segundo lugar, saber si el ejercicio que está haciendo el atleta está teniendo adaptaciones favorables. Por esta razón, se han desarrollado diferentes métodos tanto objetivos como subjetivos para la medición de la carga interna (Borresen & Lambert, 2008).

Generalmente la carga interna ha sido medida mediante frecuencia cardíaca (FC), consumo de oxígeno (VO_2), concentraciones de lactato en sangre o *Blood*

Lactate (BLa) y el nivel de esfuerzo percibido. Tomando en cuenta que la duración del ejercicio afecta la carga interna de entrenamiento (Kaikkonen, Hynynen, Mann, Rusko & Nummela, 2010) y que el consumo de oxígeno, al igual que la concentración de lactato, pueden ser medidas útiles en el laboratorio, pero no pueden ser llevadas a cabo con facilidad durante un entrenamiento o competencia (Lambert & Borresen, 2010), se han sugerido otros métodos que toman en cuenta el tiempo de la sesión, como los que se expondrán en el siguiente apartado.

Métodos de carga interna subjetivos

Índice de esfuerzo percibido de la sesión (*Sesión Rating of perceived Exertion, sRPE*).

En respuesta a la necesidad de ser capaz de cuantificar el entrenamiento y teniendo en cuenta las limitaciones de las técnicas dependientes de la frecuencia cardíaca existentes de la época, Foster, Daines, Hector, Snyder & Welsh (1996), diseñaron un método destinado a evitar los problemas asociados con la medición de frecuencia cardíaca durante el entrenamiento y competición. Este método fue llamado RPE de la sesión y es una calificación a la percepción subjetiva del esfuerzo general durante la sesión de ejercicio. Es basado en el propio monitoreo que tienen los atletas sobre el estrés fisiológico al que es sometido su cuerpo durante el ejercicio, para así poder ajustar la intensidad del entrenamiento utilizando su propia percepción de esfuerzo (Borresen & Lambert, 2008).

Las ventajas de este método radican en su simplicidad, ya que no necesita de equipo especializado o pruebas de esfuerzo máximo y tampoco contabilizar las pausas para el caso de los deportes intermitentes; sólo la familiarización con el RPE (Cejuela-Anta & Esteve-Lanao, 2011) además de tener una valoración del entrenamiento desde el contexto físico y psicológico de los atletas (Scott, Duthie, Thornton & Dascombe, 2016). Funciona multiplicando el esfuerzo percibido subjetivo de la sesión en una escala de 0 a 10 por la duración del ejercicio en minutos, o el número de repeticiones para el entrenamiento de resistencia, 30 minutos después de la conclusión del mismo (Lambert & Borresen, 2010).

El sRPE ha sido usado con éxito para evaluar la intensidad y la carga interna (Barroso et al., 2015; Perandini et al., 2012), esto se afirma de acuerdo a las correlaciones que se han encontrado con otros métodos para la evaluación de la carga interna basados en variables fisiológicas como la respuesta de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio (Lockie, Murphy, Scott, & Janse de Jonge, 2012).

Escala de calidad total de recuperación (TQR).

Con la idea de valorar el proceso de recuperación se desarrolló la escala TQR, muy similar a la escala RPE, su principal objetivo es brindar una herramienta para evaluar la recuperación, en la aplicación de esta escala es considerada la percepción de recuperación de los sujetos evaluados, basándose en señales psicofisiológicas como señales corporales, sensación de dolor, pesadez y estados de ánimo, dando una respuesta general de la percepción en torno a 24 horas anteriores (Kentt  & Hassm n, 1998).

Según, de Freitas y colaboradores (2018) mencionan que este método combinado con mediciones de carga interna hace aún más sensible para realizar ajustes a los contenidos del entrenamiento, ayudando a mantener un equilibrio estrés-recuperación mejorando significativamente el rendimiento físico. Aunque esta herramienta es de tipo subjetiva ha mostrado un comportamiento inverso con parámetros fisiológicos de carga interna como la creatin kinasa (CK) un marcador de daño muscular, es decir cuando aumentan los niveles de CK disminuye la percepción de bienestar (Freitas, Nakamura, Miloski, Samulski, and Bara-Filho, 2014). En la misma línea de investigaciones el TQR también fue utilizado en conjunto con la evaluación de la FC y parámetros de VFC, mostrando que era un buen indicador de recuperación al igual que los parámetros de VFC (rMSSD), haciendo hincapié en la utilización de estas herramientas de forma individual ya que la recuperación depende de diversos factores que actúan diferente en el organismo de los sujetos (Moreno, Ramos-Castro, Rodas, Tarrago, and Capdevila, 2015).

RESTQ-Sport.

Este cuestionario consta de 77 ítems, dentro de estos hay 19 escalas y cada una de ellas cuenta con cuatro ítems y un elemento de calentamiento. Se usa una

escala tipo Likert con valores que van desde 0 (nunca) a 6 (siempre) que indican la frecuencia con la que el sujeto de estudio participó en ciertas actividades en los últimos 3 días / noches (Morales et al., 2014).

Los puntajes del RESTQ-Sport se clasifican de acuerdo a sus cuatro dimensiones, que son, estrés general, puntaje de estrés específico del deporte, puntaje de recuperación general y puntaje de recuperación específica del deporte; cada puntuación se calcula con el promedio de las subescalas asociadas con la puntuación específica (Van Der Does et al., 2015).

Las escalas de cada dimensión son: de estrés general (estrés general, estrés emocional, estrés social, conflictos / presión, fatiga, falta de energía, quejas físicas), cinco escalas generales de recuperación (Éxito, Recuperación social, Recuperación física, Bienestar general, Calidad del sueño), tres escalas de estrés específicas del deporte (Roturas perturbadas, Agotamiento emocional, lesiones) y cuatro escalas de recuperación específicas del deporte (Estar en forma, logro personal, autoeficacia, autorregulación). Las puntuaciones altas en las escalas de actividad asociada al estrés reflejan una tensión subjetiva intensa, mientras que las puntuaciones altas en las escalas orientadas hacia la recuperación indican buenas actividades de recuperación (Kellmann, 2010).

El RESQ-Sport ha sido utilizado exitosamente en muchas investigaciones para el control del estrés recuperación (Otter, Brink, Van Der Does & Lemmink, 2015; Hernández-Cruz et al., 2017; Reynoso-Sánchez et al., 2017) y ha sido validado en diferentes idiomas, en la versión en español se reportó una buena consistencia con rango en el alfa de Cronbach de 0.77- 0.94 y con una correlación significativa entre las escalas del RESTQ-Sport y el perfil de bienestar (González-boto, Salguero, Tuero, & Márquez, 2009). Mientras que el cuestionario validado en deportistas mexicana mostro Índices de ajuste adecuados y consistencia interna de .74 (Reynoso-Sánchez, 2018).

Este instrumento ha demostrado ser una buena herramienta para el control del estrés-recuperación durante la temporada, por ejemplo, en deportes como en el voleibol se utilizó durante una temporada donde se encontró que esta herramienta era

sensible para medir los cambios en las cargas de entrenamiento, pues los niveles en las dimensiones de estrés total aumentaban justo cuando se finalizaba el periodo de preparación general (Reynoso-Sánchez et al., 2016).

Los métodos subjetivos que se han utilizado previamente han mostrado tener buena confiabilidad en la medición del balance estrés recuperación en diferentes deportes, sin embargo, al ser cuestionarios con una cantidad elevada de ítems esta demanda un tiempo considerable para su llenado, lo cual en deportistas muchas veces es complicado, ya que no siempre se dispone de tiempo para realizar estas evaluaciones. Por lo que en esta investigación se propone la utilización de la Escala de recuperación subjetiva (ERS). Para su utilización nos basamos en la sRPE (Foster et al., 2001), tomando en cuenta la escala de Borg del 0 al 10 (ver figura 6) donde los valores corresponden a un nivel de recuperación percibido 24 horas retrospectivamente, sugiriendo la evaluación de estos parámetros durante la mañana previa a iniciar las actividades cotidianas.

Métodos objetivos con variables fisiológicas

TRIMP de Banister

Banister, & Calvert, (1980) propusieron un método para la cuantificación del esfuerzo físico realizado en las sesiones de entrenamiento, el cual fue denominado "*Training Impulse*" (TRIMP). Ellos sugirieron que la respuesta del ritmo cardíaco al ejercicio, junto con la duración de la sesión, puede ser una medida plausible del esfuerzo físico (Borresen & Lambert, 2009). La utilización de este método es centrada principalmente en los indicadores de fitness y fatiga (Morton, Fitz-Clarke, & Banister, 1990). Éste utiliza la frecuencia cardíaca del ejercicio, descanso y la frecuencia cardíaca máxima, además de un factor de ponderación para calcular el TRIMP, mediante la ecuación de la figura 2.

$$\text{TRIMP} = \text{Duración del entrenamiento en minutos} \times K_1 \left(\frac{\text{FC EJERCICIO} - \text{FC BASAL}}{\text{FC MÁXIMA} - \text{FC BASAL}} \right)$$

K_1 = es un coeficiente de ponderación no lineal que depende del ejercicio frecuencia cardíaca y está dada por la ecuación

$$K_1 = 0.86 * e^{1.67x}$$

$$K_1 = 0.86 * e^{1.92x}$$

X = Elevación fraccional de la frecuencia cardíaca máxima

e = Basado en el logaritmo neperiano

Figura 2. Ecuación del TRIMP de Banister & hamilton, (1985).

La FC máxima se considera de la sesión de entrenamiento y la FC basal del electrocardiograma, se obtiene en reposo (Lucini et al., 2014).

Este método ha sido utilizado en diversas investigaciones, como la de Alexiou y Coutts (2008), quienes lo utilizaron para comparar otros métodos para la cuantificación de la carga interna como el RPE en jugadoras de futbol; y Kaikkonen et al. (2010) quienes utilizaron el TRIMP para evaluar la carga de entrenamiento a diferentes intensidades. Sin embargo, este método ha tenido dificultades en la aplicación sobre diferentes deportes, ya que no discrimina sesiones de entrenamiento intermitentes o continuas (Saboul et al., 2015), además de que la alta intensidad de los juegos puede alterar la relación entre la elevación de la frecuencia cardíaca y los umbrales de lactato, conduciendo a una pérdida de información específica, por lo tanto no puede ser un reflejo de la intensidad global o variación en la intensidad de una sesión de entrenamiento o partido (Akubat & Abt, 2011).

TRIMP de Edwards

El método de Edwards es basado en la frecuencia cardíaca e involucra integrar el total del volumen, con el total de intensidad de la sesión de entrenamiento (Alexiou & Coutts, 2008). Este método usa la acumulación de tiempo en cinco zonas arbitrarias

de frecuencia cardíaca, multiplicadas por un factor de ponderación (Akubat, Patel, Barrett & Abt, 2012), a través de la siguiente fórmula:

$(\text{Duración en minutos zona 1} \times 1) + (\text{Duración en minutos zona 2} \times 2) + (\text{duración en minutos 3} \times 3) + (\text{duración en minutos 4} \times 4) + (\text{duración en minutos 5} \times 5)$

Dónde 1 = 50% a 60% de frecuencia cardíaca, zona 2 = 60% a 70% frecuencia cardíaca máxima, zona 3 = 70% a 80% frecuencia cardíaca máxima, zona 4 = 80% a 90% frecuencia cardíaca máxima y zona 5 = 90% a 100% de frecuencia cardíaca máxima (Borresen & Lambert, 2008).

Este método ha sido utilizado para medir la carga interna durante partidos oficiales encontrando información relevante sobre el estrés fisiológico durante las competencias, además de relación con el RPE (Costa et al., 2013).

TRIMP de Lucía

Este método fue desarrollado por Lucía, Hoyos, Santalla, Earnest & Chicharro, (2003); toma en cuenta la intensidad y el volumen, donde la intensidad es medida a través de tres zonas de frecuencia cardíaca previamente determinadas mediante umbrales ventilatorios y el volumen por el tiempo que el atleta permanece en cada zona de frecuencia cardíaca.

Zona 1, debajo del primer umbral ventilatorio (VT1) zona 2, entre VT1 y el umbral ventilatorio dos (VT2) y la zona 3, sobre el punto de compensación respiratoria y se multiplica por el coeficiente (k) relativo de cada zona.

$k = 1 \times \text{tiempo en minutos en la zona 1}$, $k = 2 \times \text{tiempo en minutos en zona 2}$, $k = 3 \times \text{tiempo en minutos en zona 3}$ y se suman las puntuaciones.

Tabla 1

Zonas de intensidad del TRIMP de Lucia.

ZONA	VO2max	INTENSIDAD
1	<70% DEL VO2max	BAJA INTENSIDAD
2	>70 Y 90% DEL VO2max	MODERADA INTENSIDAD
3	>90% de VO2max	ALTA INTENSIDAD

Tomado de Borresen & Lambert, (2008).

TRIMP de STAGNO (TRIMP_{MOD})

Stagno, Thatcher & van Someren (2007) desarrollaron una modificación al TRIMP de Banister para su uso con jugadores de hockey, argumentando que un método TRIMP, sobre la base de factores de ponderación determinados individualmente, podría dar lugar a una medición más precisa de las adaptaciones al entrenamiento y al rendimiento de los atletas en comparación con otros métodos.

Basado en cinco zonas de intensidad que fueron creadas alrededor de la carga de entrenamiento y umbrales típicos de lactato en sangre o *Onset of Blood Lactate Accumulation* (OBLA) en una curva de FC-BLa y cada zona ponderada en función de la ecuación de regresión de la curva (Akubat, Patel, Barrett & Abt, 2012).

Tabla 2

Zonas de frecuencia cardíaca, correspondientes a cada factor de ponderación y descripción del tipo de entrenamiento.

ZONAS	% DE FC MÁXIMA	FACTOR DE PONDERACIÓN	TIPO DE ENTRENAMIENTO
1	93-100%	5.16	Máxima intensidad
2	86-92%	3.61	En el umbral de lactato en sangre (OBLA)
3	79-85	2.54	Entrenamiento de mantenimiento
4	72-78	1.71	Entrenamiento en el umbral de lactato
5	65-71	1.25	Actividad moderada

TRIMP Individual

Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'Ottavio & Castagna, (2009) introducen al TRIMP de Banister el factor (y_i) para cada sujeto. Éste (y_i) refleja el perfil de una curva típica de lactato que incrementa con la intensidad del ejercicio. Este factor individual (y_i) fue calculado individualmente para cada sujeto usando un modelo exponencial. Por lo tanto, como la intensidad del ejercicio aumenta, indicado por la FC, la ponderación aumenta exponencialmente; esto durante cada sesión de entrenamiento.

Más tarde Manzi, Bovenzi, Impellizzeri, Carminati, y Castagna, (2013) en otro estudio mediante análisis de regresión, mostraron que un TRIMPi semanal > 500 es necesario para garantizar la mejora de la capacidad aeróbica y el rendimiento en jugadores masculino de fútbol de primer nivel durante la temporada precompetitiva y concluyen que TRIMPi es una herramienta válida y viable para guiar la prescripción de entrenamiento en jugadores de fútbol de primer nivel durante la pretemporada.

Sistema nervioso autónomo (SNA)

La función global del SNA tiene como objetivo mantener la homeostasis del cuerpo, realizando aquellas funciones que son de carácter involuntario del organismo y efectuando las respuestas de adaptación ante cambios del medioambiente externo e interno, recibiendo y transmitiendo información desde el cerebro a los órganos de todo el cuerpo (Buijs, 2013). El SNA, a través de los dos componentes que lo integran simpático y parasimpático (Streeter, Gerbarg, Saper, Ciraulo & Brown, 2012) inervan el músculo cardíaco, el músculo liso de todos los órganos y las glándulas exocrinas y endocrinas. Así, regula la respiración, la circulación, la digestión, el metabolismo, la secreción glandular, la temperatura corporal, la reproducción y coordina todas estas funciones vitales para mantener la homeostasis (Gernot, 1996; Navarro, 2002).

El SNA se puede dividir en la parte central y una periférica la parte central es más bien una red, o un conjunto altamente interconectado de estructuras en el cerebro anterior y el tronco encefálico. Uno de los componentes más importantes es el núcleo del tracto solitario (NTS) que recibe información sensorial a través, de los nervios craneales VII, IX y X y N vago. El núcleo mismo proyecta a los circuitos supra espinales y espinales que controlan las respuestas autónomas. Las proyecciones ascendentes

del NTS alcanzan los sitios del prosencéfalo incluyendo los núcleos hipotalámicos, la amígdala y la corteza insular, esto incluye el reflejo del seno carotídeo, el reflejo gag, el reflejo de la tos, el reflejo barorreceptor y quimiorreceptor, varios reflejos respiratorios, el reflejo aórtico y los reflejos dentro del sistema gastrointestinal que regula la secreción y la motilidad. La otra parte importante del NTS toma en cuenta la integración de funciones autonómicas con una gran capacidad de respuestas, como la de los sistemas endocrino y conductual. Junto con el NTS, el hipotálamo juega un papel importante aquí. Las proyecciones del NTS al prosencéfalo se procesan parcialmente en el núcleo parabraquial (importante para las respuestas conductuales). Esto también tiene proyecciones en el gris periaqueductal, amígdala, tálamo visceral, hipotálamo y corteza). El sistema nervioso autónomo tiene sus sustancias específicas transmisoras y receptoras; esta forma particular de conexiones que se pueden dividir en fibras preganglionares y postganglionares (Gernot, 1996).

El SNA se compone de la rama simpática y parasimpática; ambas divisiones actúan en conjunción con otros sistemas en la mayoría de las funciones de nuestro organismo, tanto en condiciones normales como en las de emergencia (Gernot, 1996). Las divisiones del sistema simpático y parasimpático están basadas en diferencias autónomas y funcionales (Freeman, 2006), y durante el ejercicio ambas divisiones toman un papel muy importante en el control de la frecuencia cardíaca (FC) (De la Cruz , López & Naranjo , 2008). La actividad parasimpática se ocupa en gran parte de la conservación y la restauración de la energía, causando una reducción de la presión arterial, facilitando la digestión, la absorción de nutrientes y la descarga de los desechos (Freeman, Dewey, Hadley, Myers & Froelicher, 2006), predominando en situaciones de relajación (Sarabia, De la Cruz & Naranjo, 2012).

Por otro lado, el sistema simpático permite responder a desafíos a la supervivencia (pelea) a situaciones de colapso hemodinámico o respiratorio. La respuesta simpática incluye un aumento de la FC, la presión arterial y del gasto cardíaco, una derivación del flujo sanguíneo de la piel y vasos sanguíneos que suministran al músculo esquelético, dilatación bronquiolar y una disminución de la actividad metabólica (Freeman et al., 2006).

El SNA juega un papel muy importante en la actividad del corazón, ya que este rige el control dinámico del sistema cardiovascular (Chen et al., 2011; Rodas & Pedret, 2008; Aubert, Seps, & Beckers, 2003). Aunque muchos órganos y factores fisiológicos determinen la función de la FC, el SNA es el más destacado (Thayer, Åhs, Fredrikson, Sollers, & Wager, 2012). El sistema cardiovascular, el corazón y la circulación, están controlados principalmente por centros cerebrales superiores y áreas de control cardiovascular en el tronco encefálico a través de la actividad de los nervios simpático y parasimpático. El control también se ve afectado por los barorreceptores, los quimiorreceptores, los músculos aferentes, el metabolismo local de los tejidos y las hormonas circulantes (Aubert et al., 2003).

Debido a la localización anatómica del sistema nervioso autónomo y cardiovascular, su evaluación los hace poco accesibles a simples pruebas fisiológicas directas (Freeman, 2006). Se han desarrollado métodos más accesibles como la VFC, una medida no invasiva con buena reproducibilidad cuando se realiza de manera estandarizada (de Rezende Barbosa et al., 2016).

Variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC).

La VFC ha sido extensamente usada como método para la estimación de la regulación autónoma del corazón (Saboul et al., 2015) la cual describe las oscilaciones entre los intervalos de los latidos cardíacos consecutivos (García-gonzález, Fernández-chimeno, Capdevila, Parrado, & Ramos-castro, 2013) (ver figura 3). Aunque fue vista por primera vez por Hon & Lee (1965) la importancia clínica de ésta se hizo evidente a finales de 1980, cuando se confirmó que la VFC fue un fuerte e independiente predictor de mortalidad después de un infarto agudo de miocardio (Task Force, 1996). Desde entonces, la VFC ha sido utilizada como un marcador de riesgo en individuos normales y en pacientes con diferentes enfermedades (da Silva Souza et al., 2013). No se han encontrado diferencias entre la VFC de hombres y mujeres, sin embargo sí se ve afectada por la edad, ya que con el transcurso de los años ésta disminuye (Zhang, 2007). Se ha encontrado también una asociación en una alta VFC con valores altos de $VO_2\text{max}$ (Achten & Jeukendrup, 2003).



Figura 3. Oscilación de los intervalos R-R en milisegundos. Recuperado de <https://support.polar.com>

La VFC nos da información que permite medir la interacción entre el sistema simpático y parasimpático, informando sobre la capacidad de estos sistemas en diferentes condiciones y gracias a esto podemos ver el efecto de estos sistemas sobre el corazón (Naranjo et al., 2015). Las mediciones de la VFC son basadas en el análisis de los intervalos consecutivos RR y pueden ser observadas mediante electrocardiogramas, ondas de pulso, tonos cardiacos o métodos similares. Normalmente las medidas de VFC pueden dividirse en: dominio de tiempo, dominio de frecuencia, no lineales y geométricas (Task Force, 1996).

Dominio de tiempo.

Es útil el uso de las mediciones del dominio de tiempo para reflejar la modulación autonómica de la frecuencia cardiaca, porque no requieren rigurosos análisis estadísticos para la obtención de los parámetros (Millis et al., 2010) y requieren un corto periodo de registro para calcularse (Nakamura et al., 2015). Los índices de dominio de tiempo son: la desviación estándar de los intervalos entre latidos normales (SDNN), número de intervalos r-r que difieren en más de 50 milisegundos (pNN50) (Corrales et al., 2012). Uno de los índices más utilizados en el dominio de tiempo es la raíz cuadrada de la media de la suma de los cuadrados de las diferencias entre

intervalos R-R adyacentes en mili segundos (rMSSD) (Koenig, Jarczok, Wasner, Hillecke, & Thayer, 2014), la cual se utiliza para la medición de la actividad parasimpática (García-González et al., 2013), como un parámetro que refleja la capacidad de recuperación (Chapleau & Sabharwal, 2011; Guilkey, Overstreet & Mahon, 2015; Stanley, Peake & Buchheit, 2013) y como un parámetro para la cuantificación del entrenamiento post-ejercicio (Saboul et al., 2015).

Mediciones no lineales.

Diagrama de Poincaré: también llamado diagrama de dispersión, uno de los diagramas no-lineal más usados y estudiados en el registro de la VFC, el cual convierte los intervalos R-R en patrones geométricos que permiten el análisis de la VFC a través de propiedades gráficas (de Rezende Barbosa et al., 2015).

Los intervalos R-R se transportan a un diagrama de dispersión de dos dimensiones; el diámetro longitudinal de la elipse describe la desviación a largo plazo de la FC y el diámetro transversal caracteriza los cambios a corto plazo de la FC. Con el cálculo de las desviaciones estándar de los diámetros longitudinal y transversal, se cuantifican los cambios espontáneos y a largo plazo de la VFC (Rodas, Pedret, Ramos & Capdevilla, 2008). Los parámetros que se analizan en este diagrama son el SD1, que es considerada para describir la variabilidad a corto plazo y SD2, la variabilidad a largo plazo (Karmakar, Gubbi, Khandoker & Palaniswami, 2010).

SD1: Desviación estándar de los intervalos ortogonales de los puntos RR_i , RR_{i+1} al diámetro transversal de la elipse, haciendo referencia al eje corto de la elipse.

SD2: Desviación estándar de los intervalos ortogonales de los puntos RR_i , RR_{i+1} al diámetro longitudinal de la elipse, haciendo referencia al eje largo de la elipse.

Provenientes de estos parámetros, en recientes investigaciones se propone el desarrollo de dos nuevos índices para una mejor interpretación del diagrama de Poincaré, con el propósito de tener una evaluación directamente proporcional a la actividad simpática. Estos índices fueron denominados Stress Score (SS), lo cual es

expresado como el inverso del diámetro SD2 multiplicado por 1000, con el objetivo de obtener un valor directamente proporcional con la actividad simpática y el cociente simpático parasimpático (S/PS cociente), expresado como el cociente entre SS y SD1, con la intención de obtener una mejor relación entre la actividad simpática y parasimpática que refleje el balance autonómico a través de la VFC, (Naranjo et al. 2015b; Naranjo et al. 2015a).

Variabilidad de la frecuencia cardiaca en el deporte.

El estudio de la VFC en atletas ha sido considerada una valiosa herramienta para investigar cambios a largo plazo en adaptaciones del cuerpo, principalmente en la modulación simpático-vagal al ejercicio (Koenig et al., 2014), esta puede proporcionar información útil sobre la función adaptativa a un estímulo de entrenamiento (Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod, Poulos & Bourdon, 2010), considerándose una herramienta para ajustar las cargas físicas, diagnosticar fatiga, evaluar el sobreentrenamiento, la capacidad aeróbica, y también características como la ansiedad y estrés precompetitivo (Da Silva, De Oliveira, Silveira, Mello & Deslandes, 2015).

Factores como el nivel de entrenamiento, intensidad, programa de entrenamiento y la rutina diaria de los atletas, pueden influir en la respuesta fisiológica y emocional relacionada con la respuesta autónoma durante el ejercicio y por ende en los índices de VFC (Da Silva et al., 2015). A largo plazo, el incremento de la actividad parasimpática es generalmente observada durante la recuperación y muestra correlación con cambios en el rendimiento. A corto plazo, los cambios en la actividad parasimpática aparecerán para saber el tiempo de restauración de la homeostasis. Cambios en la actividad parasimpática surgen como un índice de recuperación global que refleja la respuesta aguda al ejercicio (Stanley et al., 2013).

Las recomendaciones para la evaluación de la VFC según la Task Force, (1996), son utilizar las grabaciones de 5 minutos para las mediciones a corto plazo por lo que los estudios más apegados a estas normas realizan evaluaciones de 5 minutos después de 10 minutos de grabación, con el objetivo de tener una mayor estabilidad

en la medición (Molina, Fontana, Porto & Junqueira, 2016). En otros estudios se han propuesto utilizar registros más cortos que constan de 1 minuto de estabilización y un minuto de registro y reportan buena sensibilidad a los cambios que surgen durante en el entrenamiento en jugadores de fútbol sala (Nakamura et al., 2015).

Otra de las consideraciones metodológicas a la hora de evaluar a deportistas, es en qué momento realizar las mediciones. Algunos autores sugieren las evaluaciones de la VFC después de sesiones con diferentes componentes de la carga evaluando en sí la reactivación parasimpática inmediatamente post-ejercicio (Stanley et al., 2013a), mientras que otros evalúan en condiciones de reposo por la mañana al día siguiente de la sesión de entrenamiento (Naranjo, De La Cruz, Sarabia, De Hoyo & Domínguez, 2015b) o registros de sueño (Vesterinen et al., 2015).

Los estudios que han evaluado a la VFC post-ejercicio, han encontrado que esta es afectada por diferentes factores, por ejemplo, Stanley et al., (2013a) mencionan que la evaluación post ejercicio se centra en la reactivación parasimpática y que esta reactivación ha sido más lenta cuando se realizan ejercicios de alta intensidad, comparados con ejercicios de baja intensidad. Los determinantes de la VFC posterior al ejercicio son múltiples e incluyen la regulación de la presión arterial, la actividad barorreflejo y especialmente la estimulación metaboreflejo después del ejercicio, cuanto mayor es la intensidad relativa del ejercicio, mayor es la acidosis sanguínea y la estimulación metaboreflejo, siendo más bajos los índices relacionados con la actividad parasimpática (Buchheit, 2014a). Por otra parte, también se ha encontrado que los individuos con mayor tono vagal en reposo tienden a estar relacionados con mayor capacidad de adaptación y mayor recuperación post-ejercicio (Vesterinen et al., 2015). Con respecto al comportamiento de los índices parasimpáticos post-ejercicio, se ha encontrado que los primeros 10 minutos son los que presentan los mayores aumentos en el tono vagal (Kaikkonen et al., 2007).

La evaluación post-ejercicio ha sido relacionada con la carga de entrenamiento pero para realizar estas medidas existen inconvenientes como el tiempo para realizar las mediciones, por lo que algunos autores han propuesto métodos que impliquen

mediciones más rápidas post ejercicio como (Saboul et al., 2015) con su método denominado TL_{HRV} considerado como un índice para la evaluación de la carga interna. Otro método que se propuso para la evaluación de la carga interna post-ejercicio fue el nomograma slope rMSSD el cual toma en cuenta valores de rMSSD 10 minutos post-ejercicio. La pendiente de recuperación de la rMSSD aumenta a medida que disminuye la intensidad del esfuerzo y viceversa, se supone que los sujetos a los que se les aplicó la misma carga de entrenamiento experimentan una curva diferente en su sistema parasimpático, los autores sugieren que esta pendiente de recuperación es un indicador de carga interna (Naranjo, Nieto-Jiménez, & Ruso-Álvarez, 2019).

En la práctica, los índices de VFC más apropiados para monitorear a los atletas en el campo, son los índices del dominio del tiempo con el parámetro rMSSD y el diagrama de dispersión de Poincaré, los cuales reflejan la modulación parasimpática (Buchheit, 2014). A pesar de que la rMSSD es considerado el parámetro más útil en deportistas, a este se le suele aplicar el logaritmo natural con la intención de reducir el comportamiento sesgado de los datos, convirtiéndolo en una medida más fiable y aplicable para el monitoreo regular en atletas (Vesterinen et al., 2017; Buchheit, 2014).

En recientes investigaciones se ha probado una nueva metodología para la interpretación del $\ln rMSSD$, en estos estudios han encontrado que la evaluación del coeficiente de variación (CV) semanal de este parámetro puede tener información sobre las adaptaciones negativas o positivas con el rendimiento al relacionarlo con cambios en el $\ln rMSSD_{cv}$ relacionados con adaptaciones en el consumo máximo de oxígeno en un corredor (Ornelas et al., 2017). Esta relación también se encontró con mayores niveles de condición física y menor percepción de fatiga atribuyéndolo a una recuperación más rápida de la actividad parasimpática después de entrenamientos intensos (Flatt et al., 2016), esta herramienta fue sugerida también como un predictor de adaptaciones no funcionales (Plews, Laursen, Kilding & Buchheit, 2012).

Otros estudios argumentan que promediar los valores diarios del $\ln rMSSD$ muestran una mayor sensibilidad para la evaluación del sobreentrenamiento (Plews et al., 2012) argumentando que los cambios en una semana representan con mayor

consistencia los cambios en el equilibrio autónomo de un atleta en comparación con el valor de un solo día (Le Meur et al., 2013), además de estar correlacionado con las mejoras en la aptitud física como lo es el rendimiento en el tiempo realizado en 10 km (Buchheit, Plews, Kilding, Stanley & Laursen, 2013).

Como se comentó anteriormente, la rMSSD con y sin la aplicación del logaritmo natural, evalúan la actividad parasimpática y no existía un parámetro que evaluara la actividad simpática hasta que fueron propuestos, los índices SS y el cociente S/P, como parámetros que prometen facilitar el análisis de la relación entre la actividad simpática y parasimpática en reposo, además de una mejor comprensión del significado de esta actividad a nivel fisiológico, estableciendo parámetros en futbolistas de élite. Sugiriendo que un valor superior a diez en SS y un R: S/P mayor a 0,3 en reposo puede indicar la predominancia de la actividad simpática o una falta de recuperación de la actividad parasimpática (Naranjo et al., 2015b). En otra investigación estos parámetros fueron utilizados también en futbolistas de elite con un total de 330 mediciones semanales. Concluyendo que un monitoreo semanal por diez minutos puede servir como una herramienta para el seguimiento de la asimilación de las cargas y el trabajo semanal, incluyendo competencias (Naranjo et al., 2015a), más tarde Proietti et al., (2017) le dan mayor validez a este parámetro utilizándolo en futbolistas y recomendándolo como una herramienta para la evaluación de las adaptaciones al entrenamiento y competencias, mientras que en otra investigación (en proceso de publicación) este parámetro fue utilizado en jugadores universitarios de balonmano, donde los autores también recomiendan al SS como un indicador para el monitoreo de la carga de trabajo tanto en competencia como en entrenamiento (Miranda-Mendoza et al., 2019 in press).

El sustento teórico que otorgan estos autores al SS es la relación que muestran con los parámetros de dominio de tiempo, mientras que Proietti et al. (2017) suman a este fundamento que durante la aplicación de la atropina para el bloqueo parasimpático en condiciones de reposo resulta en una reducción lineal progresiva de SD1 mientras que el SD2 permanecía estable, la respuesta esperada de la actividad simpática y parasimpática durante este tipo de intervenciones. Por otra parte la

utilización de estos parámetros, además de evaluar la fatiga y la recuperación, en algunas investigaciones mencionadas anteriormente, también ha sido utilizado como un marcador de carga interna, uno de los motivos que hacen pensar esto su capacidad para evaluar la modulación simpática, parasimpática, que puede evaluar la respuesta individual a determinada carga además de la falta de relación entre la carga externa y la VFC, deduciendo que estos pudieran ser un indicador de la carga interna (Nieto-Jimenez et al., 2019 in press).

Fundamentos metodológicos

Diseño del estudio

El estudio fue de tipo longitudinal con un enfoque cuantitativo, de alcance correlacional, explicativo y exploratorio en lo que correspondió a las variables SS y el ERS (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Descripción de los sujetos

Población.

La población a la que se dirigió el estudio fue la selección mexicana de voleibol femenil, concentradas para la preparación de los juegos centroamericanos 2018.

Muestra.

La muestra fue no probabilística por conveniencia; se realizaron mediciones a 16 deportistas de la selección mexicana de voleibol. Las jugadoras que participaron en el estudio estuvieron concentradas con el objetivo de prepararse para la competencia centroamericanos 2018, al final de la investigación solo 8 deportistas cumplieron con todas las evaluaciones necesarias para incluir en el estudio. La información demográfica de los sujetos se observa en la tabla 3.

Tabla 3.

Media y desviación estándar de la información demográfica de la muestra

Variables	Peso	Talla	Edad	% Grasa	% Músculo	VO ₂ max
M ± DE	71.63 ± 6.84	176.97 ± 8.04	24.26 ± 3.37	32.64 ± 1.57	43.36 ± 1.36	45.33 ± 2.07

Criterios de inclusión:

- Estar en la preselección mexicana de voleibol concentrada para centroamericanos 2018
- Firma del consentimiento informado
- Cumplir con todas las evaluaciones realizadas durante el protocolo.

Criterios de exclusión:

- Contar con alguna lesión o patología que pudiera alterar el resultado de los análisis.
- Consumo de algún medicamento que pudiera afectar los resultados.
- No aceptar las condiciones del estudio

Procedimiento

Se tuvo un acercamiento previo con los entrenadores responsables de la selección mexicana femenil de voleibol, para informarles sobre los objetivos de la investigación y el procedimiento que se llevaría a cabo, además se les explicaron los beneficios que obtendrían de las evaluaciones. Una vez de acuerdo con los entrenadores, se realizó una reunión con los deportistas para explicarles el protocolo, así como las implicaciones de su participación. Finalmente, al aceptar, firmaron un consentimiento informado. Todos los procedimientos fueron bajo las declaraciones de Helsinki.

El protocolo se efectuó durante 28 días, 4 días previos al inicio de los entrenamientos y al final de los entrenamientos, se realizaron evaluaciones para determinar la aptitud física, incluyendo la capacidad aeróbica mediante la prueba 30-15 IFT y la evaluación del salto Squat Jump. Al mismo tiempo se realizaron evaluaciones antropométricas y se tomaron datos del atleta tales como: nombre completo, edad, fecha de nacimiento, así como también información correspondiente a la posición de juego, años de práctica e historial clínico (ver figura 4).

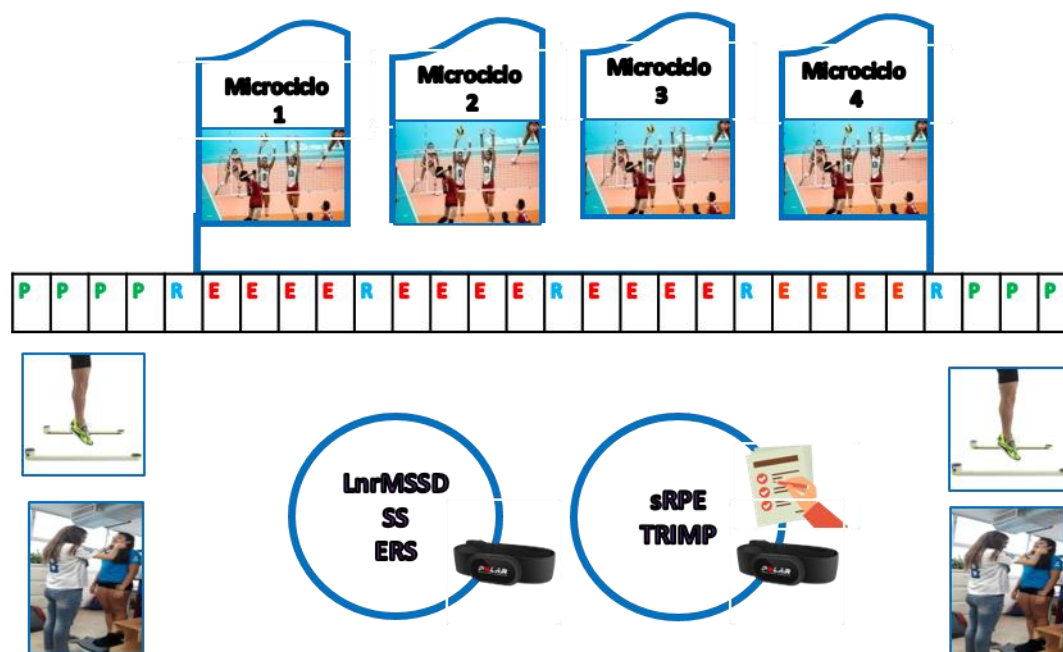


Figura 4. Protocolo de investigación.

Antropometría.

Se procedió a la toma de medidas antropométricas, los sujetos se presentaron en el Laboratorio de Rendimiento Humano de la Facultad de Organización Deportiva de la UANL a partir de las 8:00 de la mañana. Se obtuvieron las medidas de la altura corporal (cm), la masa corporal (kg), se evaluaron 17 variables antropométricas (perfil reducido) utilizando la técnica de la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry* (ISAK, 2006) con el fin de obtener porcentaje de grasa corporal y somatotipo de los atletas, todas las mediciones fueron realizadas por un especialista certificado nivel 2 de ISAK. Se utilizó el método antropométrico del somatotipo de Carter & Heath (1990), método tricompartimental que divide la morfoestructura en ectomorfo, mesomorfo y endomorfo, entregando una idea de la forma corporal de los individuos evaluados (Almagia, Rodríguez, Barraza, Lizana & Ivanovic, 2009).

30-15 *Intermittent fitness test* (IFT).

La prueba 30-15 IFT es útil para la evaluación de la función aeróbica y permite tener una estimación del consumo de oxígeno mediante su fórmula. Para este protocolo se aplicó la versión modificada de 28 metros (Buchheit & Haydar, 2009). Esta prueba consiste en realizar recorridos de 30 segundos de carrera por 15 segundos de recuperación, cada ciclo de 30-15 s' es tomado como una etapa completada. La velocidad inicial de carrera es de 8.0 km/ hora y cada etapa se incrementa 0.5 km/hora. Los atletas tienen que correr de un extremo a otro y el ritmo de carrera es marcado por un audio pregrabado. Durante los 15 segundos de recuperación los atletas tienen que avanzar a la línea frontal más cercana (ver figura 5). Se les dio la instrucción de recorrer todas las etapas posibles y se daba por terminado cuando el sujeto ya no pudiera mantener la velocidad de la carrera impuesta por el audio. El resultado final era tomado como la última etapa completada y la velocidad de esa etapa se tomaba como la VIFT.

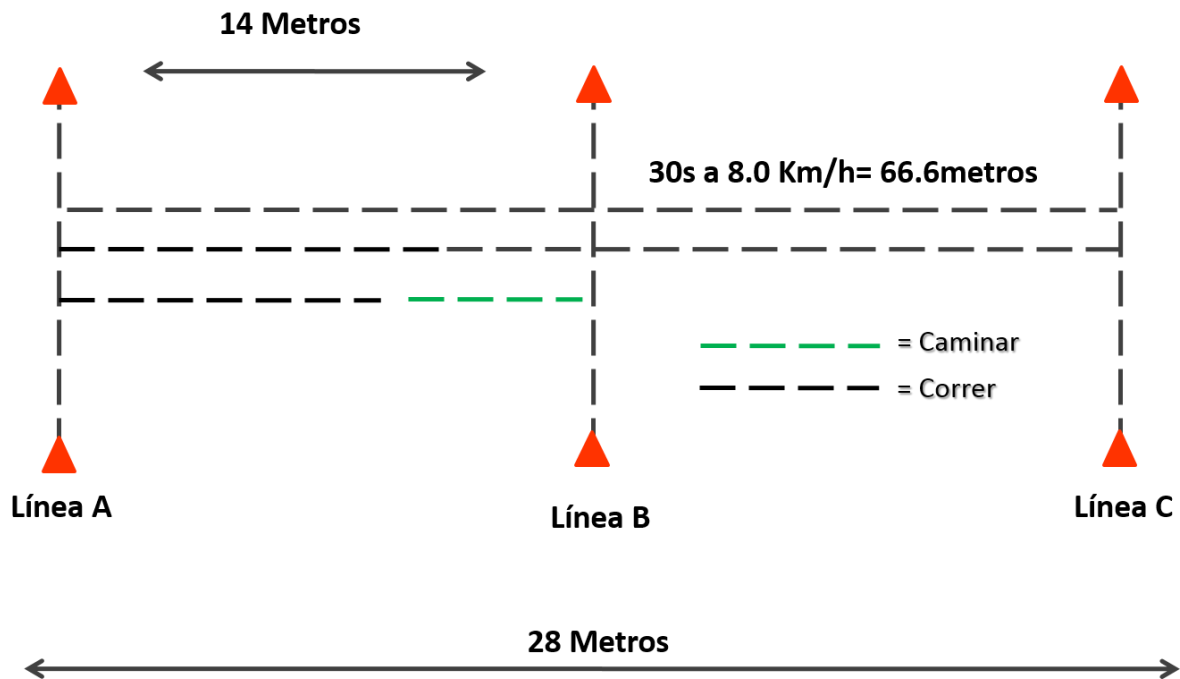


Figura 5. Ejemplo del 30-15IFT en la velocidad de 8 Km/hora (Buchheit, 2010).

Squat Jump.

Antes de la prueba, los jugadores realizaron un calentamiento específico, además de 2-3 repeticiones como práctica y corrección de la ejecución del salto, el protocolo de evaluación consistió en realizar 3 saltos máximos de acuerdo con el protocolo descrito, con un tiempo de reposo entre salto de 30 segundos aproximadamente, para evitar las técnicas indebidas de salto que pudieran haber afectado la precisión del tiempo de vuelo, se solicitó a los sujetos extender completamente los miembros inferiores al despegar y mantener lo más rígido posible sus piernas al aterrizar (Castagna & Castellini, 2013). Se obtuvo la mejor ejecución técnica del salto para cada sujeto.

Las evaluaciones para las pruebas de salto se hicieron conforme al protocolo descrito, obteniendo las medidas por medio de una plataforma de contacto, que igualmente registra los tiempos de vuelo y de contacto por medio de un software llamado optojump.

El squat jump es una prueba que permite valorar la fuerza explosiva de los miembros inferiores por medio de la altura conseguida. En esta prueba los atletas tenían que realizar un salto vertical partiendo de la posición de media sentadilla (90°), con el tronco recto y las manos en la cadera, el sujeto debe de realizar la prueba sin emplear contramovimiento hacia abajo. Para la correcta ejecución de la prueba se debe de cumplir lo siguiente: 1) la planta del pie debe de estar en contacto con el suelo 2) el ángulo de la rodilla debe de estar a 90° 3) manos en la cadera y tronco recto 4) ángulo de la rodilla de 180° en el despegue 5) caída con los pies hiperextendidos.

Descripción del entrenamiento.

La planificación y la supervisión del entrenamiento estuvieron a cargo del preparador físico del equipo y no fue influenciado personal a cargo de la investigación. Los días de entrenamiento estaban compuestos por dos sesiones, una por la mañana y otra en la tarde, durante la mañana se realizaba entrenamiento de tipo físico: que se realizaba en gimnasio de pesas y tenía una duración aproximada de 90 minutos, como calentamiento se realizaba ejercicios de activación neuromuscular y propiocepción. La parte principal del entrenamiento de fuerza eran ejercicios de tipo olímpico y una

segunda parte con ejercicios en aparatos tradicionales de gimnasio. El número de repeticiones y series variaba de acuerdo con la planificación del día y esta se puede observar de mejor forma en la figura 6. La segunda sesión del día tenía el objetivo de desarrollar habilidades técnicas y tácticas y estas tenían una duración entre los 90-160 minutos, dependiendo de la planificación del entrenador principal.

PERÍODO		PRE-COMPETITIVO																		
MICROCICLO		1					2					3					4			
DÍAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
SESIONES		2	2	2	2	R	2	2	2	1	R	1	2	2	2	R	2	2	2	2
ENTRENAMIENTO TÉCNICO TÁCTICO	Min/Sesión	90	127	160	129	R	116	153	117	121	R	0	150	150	144	R	155	150	132	152
ENTRENAMIENTO FÍSICO (FUERZA)	Objetivo	Trabajo de Máxima Transferencia																		
	Intensidad	60-70%	60-70%	60-70%	60-70%	R	60-70%	50-70%	60-75%	R	R	50-80%	50-70%	50-70%	50-75%	R	50-70%	50-80%	50-70%	50-70%
	Número de ejercicios	8	6	5	6		7	7	6			6	6	7	7		7	7		
	Repeticiones	206	213	114	120		192	188	138			133	150	144	198		183	129	132	124
	Reposo	1-3 Min	1-3 Min	1-3 Min	1-3 Min		1-3 Min	1-3 Min	1-3 Min			1-3 Min	1-3 Min	1-3 Min	1-3 Min		1-3 Min	1-3 Min	1-3 Min	1-3 Min

Figura 6. Muestra el desarrollo de la planificación física, técnica y táctica.

Las evaluaciones de las sesiones de entrenamiento se realizaban por la mañana y por la tarde, ya que por la mañana previa al primer entrenamiento se acudía a la villa en la que estaban concentradas las jugadoras. Las mediciones matutinas eran la escala del ERS y las variables de VFC (LnrMSSD y SS) y por la tarde se monitoreaba la carga interna con el TRIMP de Edwards y el sRPE.

Evaluaciones de la variabilidad de la frecuencia cardiaca.

La variabilidad de la frecuencia cardiaca se ha utilizado como para evaluar la recuperación y la fatiga a través de la actividad del sistema nervioso autónomo (Vesterinen et al., 2015). El registro de la variabilidad se realizó todos los días desde el inicio del estudio hasta el final, en los siguientes momentos:

- 1) En una situación basal previo al inicio de la concentración, lo cual contó como el día uno del estudio.
- 2) Todos los días por la mañana en ayunas.

El monitoreo se realizó en ayunas con un ambiente controlado (iluminación, niveles de perturbación acústica) además del control del consumo de sustancias estimulantes que pudieran alterar la VFC (Task Force, 1996). Utilizando el dispositivo Polar Team 2 en la opción de R-R (latido a latido) con 16 bandas WearLinkwindPolar (Polar Electro OY, Kempele, Finland), las cuales se colocaron en el tórax de cada deportista, se les pedía colocarse en posición supina y el registro tenía una duración de 10 minutos. En la obtención de las variables rMSSD, SD1 y SD2 era necesario extraer los datos desde el Polar Team 2 en formato de block de notas para ingresarlos al software informático Kubios versión 2.0 University of Kuopio, Finland (ver anexo). El LnrMSSD, se obtuvo a través de la variable rMSSD a la que se le aplicó el logaritmo natural y a los valores diarios de LnrMSSD de una semana se les extrajo el CV en una hoja de Excel. Mientras que para la variable Stress Score (SS) se utilizaron las variables SD2 y realizando la fórmula, $1000/SD2$ según Naranjo y colaboradores (2016).

Evaluación de la carga interna.

sRPE.

El sRPE de la sesión, es una calificación a la percepción subjetiva del esfuerzo general durante la sesión de ejercicio (Cejuela-Anta & Esteve-Lanao, 2011). Diariamente se evaluó la carga interna del entrenamiento mediante el sRPE 30 minutos después de terminar cada sesión de entrenamiento. Para esta evaluación se utilizó la escala de Borg del cero al 10 (ver figura 7), donde el cero es el mínimo esfuerzo y 10 el máximo esfuerzo. El evaluador tenía que preguntar a los sujetos individualmente la percepción de su esfuerzo en dicha escala. El valor obtenido era multiplicado por la duración de la sesión en minutos. El resultado se consideraba como el valor de carga interna de la sesión y se expresa en unidades arbitrarias (UA).

0	Nada de esfuerzo
1	Muy fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Algo duro
5	Duro
6	
7	Bastante duro
8	
9	Muy duro
10	Máximo

Figura 7. Escala de Borg para la toma del sRPE.

ERS.

La evaluación de la recuperación se hizo a través de una modificación del método de calidad de la recuperación total (ERS) utilizando la escala de Borg dónde el cero es nada recuperado y el 10 es la máxima recuperación (ver figura 8), en vez de la escala normal del 6 al 20 propuesta por Kentt  , Hassm  n (1998). Previo al inicio de la primera sesión de entrenamiento del día, las deportistas tenían que responder a la percepción de recuperación con base en la escala ERS.

Índice	Descripción
0	Nada recuperado
1	Muy muy poco recuperado
2	Muy poco recuperado
3	Poco recuperado
4	Razonablemente recuperado
5	Bien recuperado
6	
7	Muy bien recuperado
8	
9	
10	Máxima recuperación

Figura 8. Escala de Borg modificada para la toma del ERS.

TRIMP de Edwards.

Para la evaluación del TRIMP de Edwards en las sesiones de cancha vespertinas se utilizó el dispositivo Polar Team 2 en la opción ppm (pulsaciones por minuto) con bandas WearLinkwindPolar (Polar Electro OY, Kempele, Finland), las cuales se colocaban en el tórax de cada atleta. Este dispositivo nos arrojó un reporte en una hoja de Excel (ver figura 9), mostrando la permanencia de la frecuencia cardíaca por zonas y en esa misma hoja de Excel solo calculábamos el tiempo en minutos por el factor de ponderación correspondiente obteniendo al final un valor de TRIMP en UA

Training Session Report													
15/06/2018 - Correr 05:13 p. m.-08:13 p. m.													
			FC			Tiempo en Sport Zones					encima de...	Carga de entr...	Kcal
			Mínima	Media	Máxima	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100			
2		02:39:51	77	153	187	00:11:02	00:23:46	00:43:29	01:13:51	00:07:43	00:12:12	318	2086
	Max FC: 198		38.0%	77.0%	94.0%	6.9%	14.9%	27.2%	46.2%	4.8%	7.6%	100.0%	100.0%
3		02:39:51	69	151	191	00:13:35	00:34:11	00:41:43	00:55:15	00:15:07	00:20:38	307	2042
	Max FC: 199		34.0%	75.0%	95.0%	8.4%	21.4%	26.1%	34.6%	9.5%	12.9%	100.0%	100.0%
4		02:39:51	69	142	196	00:32:42	00:33:06	00:38:53	00:32:06	00:23:04	00:27:10	288	1909
	Max FC: 195		35.0%	72.0%	100.0%	20.5%	20.7%	24.3%	20.1%	14.4%	17.0%	100.0%	100.0%
5		02:40:02	92	163	204	00:05:16	00:11:52	00:21:33	00:35:21	01:26:00	01:16:28	558	2684
	Max FC: 182		50.0%	89.0%	112.0%	3.3%	7.4%	13.5%	22.1%	53.7%	47.8%	100.0%	100.0%
6		02:39:55	80	137	184	00:16:54	00:37:28	00:49:04	00:34:41	00:21:48	00:12:54	271	2012
	Max FC: 182		43.0%	75.0%	101.0%	10.6%	23.4%	30.7%	21.7%	13.6%	8.1%	100.0%	100.0%
7		02:40:02	70	132	170	00:51:29	00:37:15	01:03:22	00:07:52	00:00:04	00:00:04	166	1539
	Max FC: 202		34.0%	65.0%	84.0%	32.2%	23.3%	39.6%	4.9%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%
8		02:39:57	50	124	219	01:06:46	00:45:49	00:23:06	00:16:48	00:07:28	00:09:00	157	1508
	Max FC: 191		26.0%	64.0%	114.0%	41.8%	28.6%	14.4%	10.5%	4.7%	5.6%	100.0%	100.0%
9		02:40:02	64	127	175	01:02:17	00:47:30	00:39:48	00:10:26	00:00:01	00:00:02	140	1435
	Max FC: 200		32.0%	63.0%	87.0%	38.9%	29.7%	24.9%	6.5%	0.0%	0.0%	100.0%	100.0%

Figura 9. Ejemplo de las zonas de entrenamiento para la obtención del TRIMP de Edwards.

Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa estadístico SPSS en la versión 25 del paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS Inc., Chicago, IL. USA). Los datos se presentarán en media y desviación estándar, se realizó la prueba de normalidad utilizando la prueba de Shapiro-Wilk donde se encontró que los datos no presentaban normalidad, por lo que se procedió a utilizar estadística no paramétrica. Para realizar el análisis de comparación de medias se utilizó la prueba de Friedman con el post-hoc de Wilcoxon y se realizó un análisis de correlación de Spearman para determinar las interrelaciones entre las variables. Para todos los análisis estadísticos se consideró un nivel de significancia $p < .05$.

La magnitud de los cambios entre los microciclos uno y cuatro se evaluó utilizando las diferencias estandarizadas de las medias (es decir, el tamaño del efecto, ES) y el porcentaje de cambio. Los valores de umbral para ES fueron 0.2 a 0.6 como (pequeño), 0.6 a 1.2 como (moderado), 1.2 a 2.0 como (grande) y mayor a 2.0 (muy

grande). También se estimaron los intervalos de confianza (90%) para el verdadero cambio promedio o las diferencias entre los microciclos. Las inferencias basadas en la magnitud se hicieron con referencia a un mínimo cambio sustancial calculado como 0.2 multiplicado por la desviación estándar entre sujetos expresada como un CV. Las posibilidades cuantitativas de cambios positivos, triviales o negativos sustanciales se evaluaron cualitativamente de la siguiente manera: < 0.5%, casi con seguridad que no; 0.5% a 5%, muy poco probable; 5% a 25%, poco probable; 25% a 75%, posiblemente; 75% a 95%, probable; 95% a 99.5%, muy probable; > 99.5% casi seguro. Si las posibilidades de tener cambios positivos y negativos eran > 5%, la diferencia real se consideraba poco clara.

Resultados

Este apartado presenta los resultados obtenidos mediante los diferentes estadísticos utilizados durante la investigación, de acuerdo con los objetivos planteados. En primer lugar, se responden los objetivos mediante la estadística convencional y posterior a ello mediante estadística progresiva de Hopkins.

Con relación al objetivo específico número uno, que fue evaluar el comportamiento de manera grupal e individual por microciclo, los parámetros SS, LnrMSSD, TRIMP, RPE y ERS. Con la finalidad de mostrar el comportamiento de las variables durante los cuatro microciclos, se presentan los resultados con los valores absolutos (ver tabla 4) y se muestran gráficas con valores normalizados, con el objetivo de que el lector tenga una mejor interpretación visual.

Tabla 4
Variables evaluadas durante los cuatro microciclos.

Variables	M1	M2	M3	M4
LnrMSSD	3.8 ± 0.46 (2.5-4.8)	3.8 ± 0.53 (2.5-5.0)	3.8 ± 0.6 (2.4-5.2)	3.47 ± 0.74 (2.1-5.4)
SS	11.84 ± 4.18 (7.0-23.4)	12.6 ± 4.3 (6.3-24.6)	12.9 ± 5.1 (4.4-26.5)	14.5 ± 8.1 (4.6-40.5)
TRIMP	298 ± 102 (172-503)	280 ± 72 (132-442)	304 ± 105 (136-486)	299 ± 108 (148-605)
sRPE	522 ± 305 (176-1120)	550 ± 258 (234-1530)	501 ± 192 (266-1200)	575 ± 215 (155-1050)
ERS	3.92 ± 1.69 (9-7)	4.28 ± 1.2 (7-5)	4.7 ± 1.5 (2-10)	4.13 ± 1.51 (1-7)

Nota: LnrMSSDm= media del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes. SSm= media del Stress Score TRIMPm= media del Training Impulse. sRPEm= media de la Respuesta al esfuerzo percibido de la sesión. ERSm= media de la Escala de recuperación subjetiva. M1: microciclo uno; M2: microciclo dos; M3: microciclo tres; M4: microciclo cuatro; Media ± Desviación estándar; () rangos.

Para el análisis de diferencias entre los valores medios del LnrMSSD (LnrMSSDM) entre semanas se presenta un análisis cuantitativo utilizando estadística no paramétrica de Friedman para comparar más de dos muestras relacionadas, siendo la variable dependiente el LnrMSSD y el factor la semana. El LnrMSSD tuvo sus valores más altos en la línea de base, posteriormente mantuvo sus valores hasta el microciclo tres para después tener una depresión en la semana cuatro. La prueba de

Friedman indicó diferencias entre las semanas ($p < .01$), por los que se procedió a realizar la prueba post hoc de Wilcoxon, encontrando que solo que el microciclo 4 mostro diferencias significativas con respecto a la línea de base ($p < .001$). Mientras que de forma individual se aprecian las respuestas diferenciadas de tendencia entre los sujetos (ver figura 10).

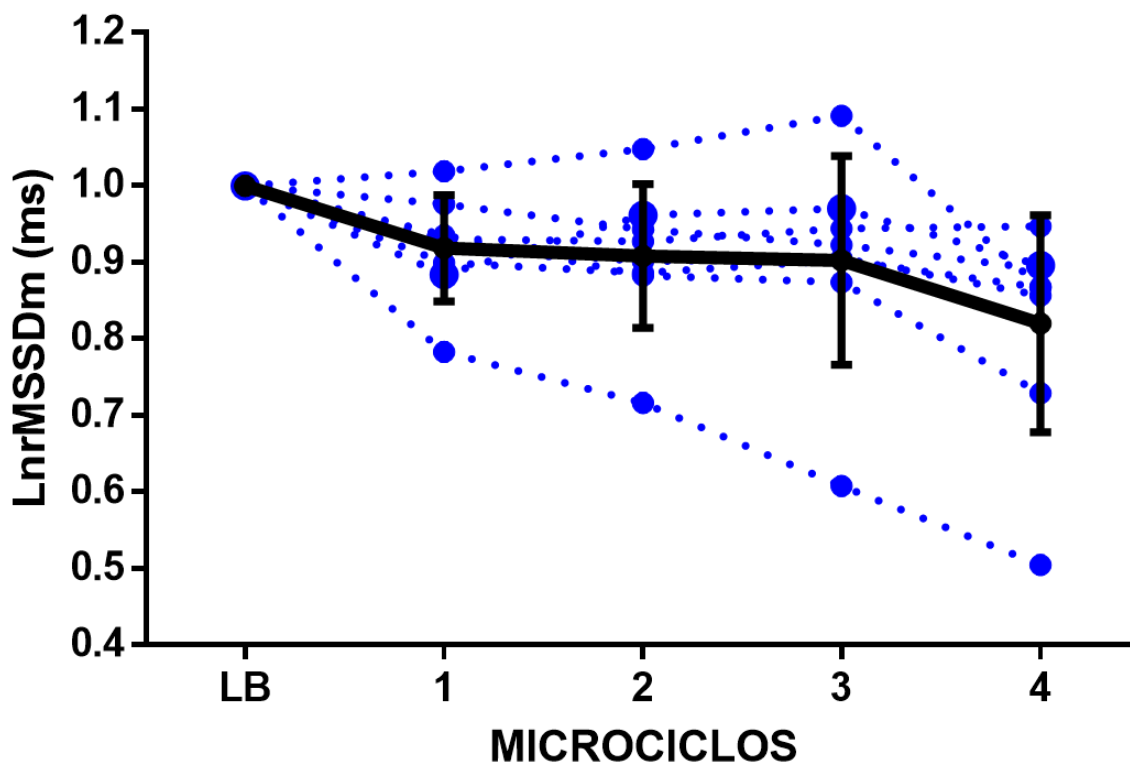


Figura 10. Comportamiento de los valores medios del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes (LnrMSSDm) a lo largo de los cuatro microciclos. LB = Línea de base. La línea negra gruesa representa el comportamiento grupal, las líneas azules intermitentes representan el comportamiento individual de los ocho sujetos.

Nota: Los datos se expresan en valores normalizados para efectos de comparación.

El análisis mediante el mínimo cambio apreciable en el LnrMSSD mostro cambios sustanciales en los microciclos uno, dos y tres con respecto al cuatro (ver tabla 5).

Tabla 5

Comportamiento de las variables analizadas mediante el mínimo cambio apreciable

VARIABLES	%CAMBIO (90 % CL)	TE	INFERENCIAS CUALITATIVAS	CAMBIO
LnrMSSD 1 -LnrMSSD 2	-5.8 (-35.5; 37.6)	-0.16 (-1.15; 0.84)	POCO CLARO	27/26/47
LnrMSSD 1 -LnrMSSD 3	-9.1 (-43.0; 44.9)	-0.25 (-1.48; 0.97)	POCO CLARO	26/21/53
LnrMSSD 1 -LnrMSSD 4	-49.3 (-68.2; 19.2)	-1.78 (-3.01; -0.56)	MUY PROBABLE	1/1/98
LnrMSSD 2 -LnrMSSD 3	-3.5 (-42.0; 60.6)	-0.06 (-0.98; -0.85)	POCO CLARO	31/29/40
LnrMSSD 2 -LnrMSSD 4	-46.2 (-67.6; -10.5)	-1.11 (-2.02; -0.20)	PROBABLE	1/4/95
LnrMSSD 3 -LnrMSSD 4	-5.8 (-17.4; 35.5)	-0.80 (-1.59; -0.02)	PROBABLE	2/8/90
SS 1 -SS 2	-44.2 (-68.5; -1.3)	-0.20 (-0.69; 1.10)	POCO CLARO	50/28/22
SS 1 -SS 3	-1.6 (-22.1; 32.6)	-0.06 (-0.90; 1.02)	POCO CLARO	40/28/32
SS 1 -SS 4	16.9 (-13.6; 58.2)	0.57 (-0.53; 1.66)	POCO CLARO	72/16/12
SS 2 -SS 3	-3.9 (-28; 28.4)	-0.11 (-0.94; 0.72)	POCO CLARO	26/31/43
SS 2 -SS 4	-10.6 (-19.8; 52.4)	-0.29 (-0.63; 1.21)	POCO CLARO	57/25/18
SS 3 -SS 4	15.1 (-17.6; 60.7)	0.36 (-0.50; 1.23)	POCO CLARO	63/24/13

Nota: Las magnitudes de los cambios entre el microciclo 1 y el 4 son expresadas en porcentaje de cambio (%Δ) y los límites de confianza son al 90% (\pm 90 % LC). ES, tamaño del efecto. LnrMSSD= logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes. SS= Stress Score.

Con respecto al SS encontramos un comportamiento inverso a la LnrMSSDm. En el caso del comportamiento grupal se aprecia que el SSm tiene valores inferiores en línea de base, aumenta la primera semana y se mantiene constante hasta la semana tres y eleva sus valores en la semana cuatro. Al igual que el LnrMSSDm, la desviación estándar aumenta con el paso de las semanas. Por otra parte, desde el punto de vista individual se hacen evidentes las tendencias diferenciadas entre sujetos (ver figura 11).

La prueba de Friedman del SSm entre semanas indica que cuando menos una de las semanas tiene valores significativamente diferentes ($p < .01$). Para verificar cuales de las semanas tenían diferencias, se hizo un análisis post hoc de comparaciones por parejas. En el caso del SSm se encontraron diferencias entre LB y

Microciclo cuatro ($p < .003$) igual que en LnRMMSDm, pero además también en LB y semana dos ($p < .009$).

En el SSm se encontraron algunos tamaños de efecto que pudieran ser considerados como un mínimo cambio que vale la pena, pero tomando en cuenta las inferencias mecanicistas para estudios donde no hay intervenciones como nuestro caso, todas las inferencias cualitativas fueron poco claras (ver tabla 5).

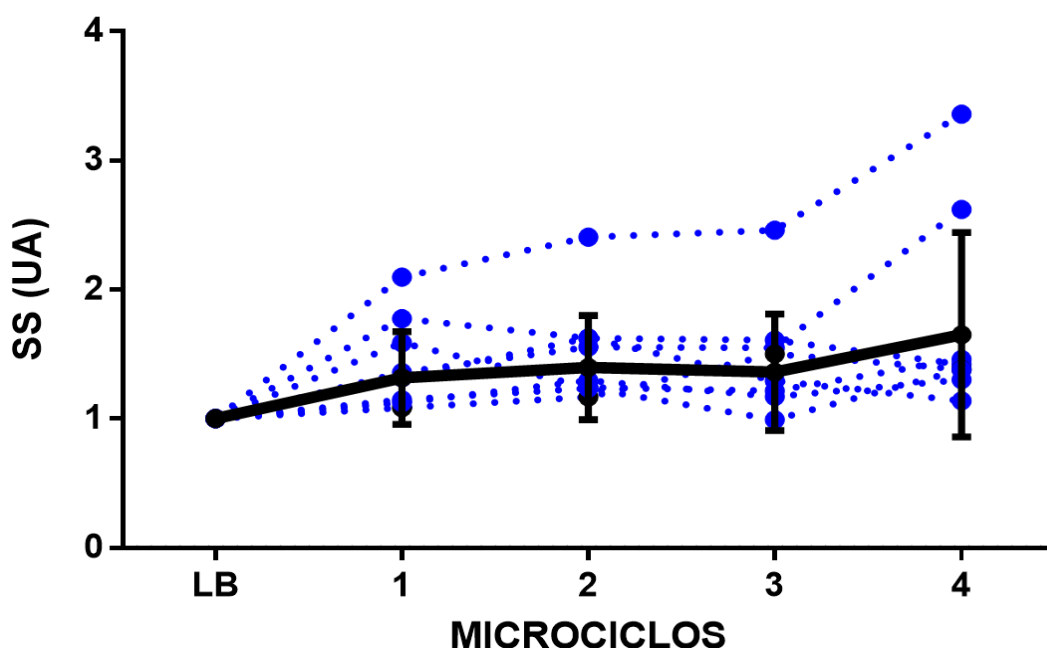


Figura 11. Comportamiento de los valores medios del índice de estrés (SSm) a lo largo de los cuatro microciclos. LB = Línea de base. La línea negra gruesa representa el comportamiento grupal, las líneas azules intermitentes representan el comportamiento individual de los ocho sujetos.

Nota: Los datos se expresan en valores normalizados para efectos de comparación.

En lo que respecta al TRIMPm, en la gráfica se observa que la semana 3 fue de mayor carga promedio (aunque sólo hubo tres entrenamientos) y disminuye en la semana 4. La prueba de Friedman del TRIMPm entre semanas indica que cuando menos una de las semanas tiene valores significativamente diferentes ($p < .01$). Para verificar cuales de las semanas tenían diferencias, se hizo un análisis post hoc de comparaciones por parejas. En el caso del TRIMPm, solo se encontraron diferencias entre las semanas dos y tres ($p < .030$), así como entre las semanas tres y cuatro ($p < .030$).

.016). Por otra parte, el análisis individual muestra las tendencias diferenciadas entre los sujetos (ver figura 12).

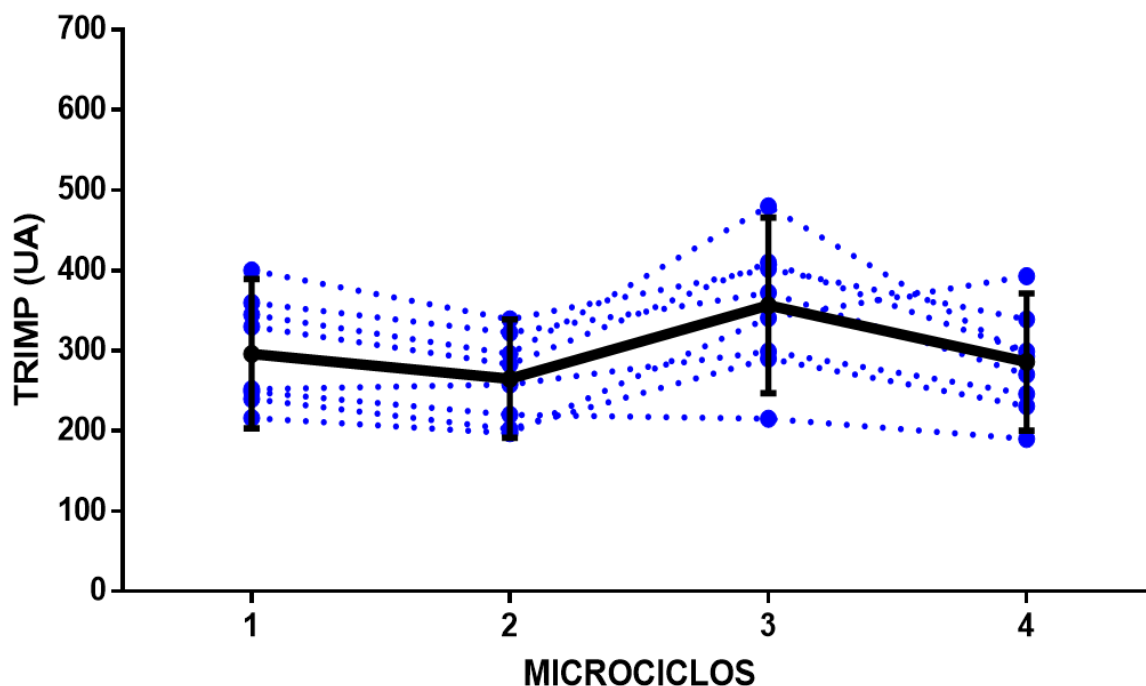


Figura 12. Comportamiento de los valores medios del training impulse (TRIMPm) a lo largo de los cuatro microciclos. LB = Línea de base. La línea negra gruesa representa el comportamiento grupal, las líneas azules intermitentes representan el comportamiento individual de los ocho sujetos.

En el TRIMP se encontraron algunos tamaños de efecto que pudieran ser considerados como un mínimo cambio que vale la pena, pero tomando en cuenta las inferencias mecanicistas para estudios donde no hay intervenciones como nuestro caso, todas las inferencias cualitativas fueron poco claras (ver tabla 6).

En lo que corresponde a la sRPEm, la percepción de carga se mantiene constante en los primeros dos microciclos mientras que en el tercero es donde se tiene la menor percepción de carga, para volver aumentar en el último, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas con la estadística convencional, mientras que

con el análisis del mínimo cambio apreciable se obtuvieron cambios sustanciales en el microciclo tres con respecto a los microciclos uno, dos y cuatro. Por otra parte, el análisis individual muestra las tendencias diferenciadas entre los sujetos (ver figura 13), mientras que La percepción del esfuerzo de la sesión (sRPE) mostro cambios sustanciales en los microciclos uno, dos y cuatro con respecto al microciclo tres (ver tabla 6).

Tabla 6
Comportamiento del TRIMP Y sRPE mediante el mínimo cambio apreciable

VARIABLES	%CAMBIO (90 % CL)	TE	INFERENCIAS CUALITATIVAS	CAMBIO
TRIMP 1 - TRIMP 2	-8.2 (-24.1; 10.9)	0.34 (-1.08; 0.41)	POCO CLARO	11/26/62
TRIMP 1 - TRIMP 3	11.2 (-15.6; 46.4)	0.41 (-0.66; 1.49)	POCO CLARO	64/20/16
TRIMP 1 - TRIMP 4	-5.5 (-22.7; 15.6)	0.22 (-1.01; 0.57)	POCO CLARO	18/30/52
TRIMP 2 - TRIMP 3	-21.1 (-7.5; 58.6)	0.85 (-0.35; 2.05)	POCO CLARO	83/10/7
TRIMP 2 - TRIMP 4	3.0 (-14.8; 24.5)	0.13 (-0.71; 0.97)	POCO CLARO	44/31/25
TRIMP 3 - TRIMP 4	-14.9 (-35.4; 12.1)	0.39 (-1.05; 0.27)	POCO CLARO	7/24/69
sRPE 1 - sRPE 2	4.7 (-11.2; 23.5)	0.34 (-0.88; 1.56)	POCO CLARO	58/20/22
sRPE 1 - sRPE 3	22.7 (4.3; 44.4)	1.51 (0.31; 2.71)	POCO CLARO	99/0/0
sRPE 1 - sRPE 4	10.0 (-7.7; 31.1)	0.70 (-0.59; 2.00)	POCO CLARO	75/13/12
sRPE 2 - sRPE 3	7.6 (-10.5; 29.4)	0.9 (0.29; 0.44)	POCO CLARO	94/5/1
sRPE 2 - sRPE 4	5.0 (-14.9; 29.6)	0.19 (-0.63; 1.01)	POCO CLARO	49/30/21
sRPE 3 - sRPE 4	-1.9 (-19.3; 192)	-0.09 (-1.00; 0.82)	POCO CLARO	3/9/88

Nota: Las magnitudes de los cambios entre el microciclo 1 y el 4 son expresadas en porcentaje de cambio (%Δ) y los límites de confianza son al 90% (± 90 % LC). ES, tamaño del efecto. TRIMP= Impulso de entrenamiento. sRPE= Respuesta al esfuerzo percibido de la sesión. ERS= Escala de recuperación subjetiva. El número después de la variable corresponde al número de microciclo.

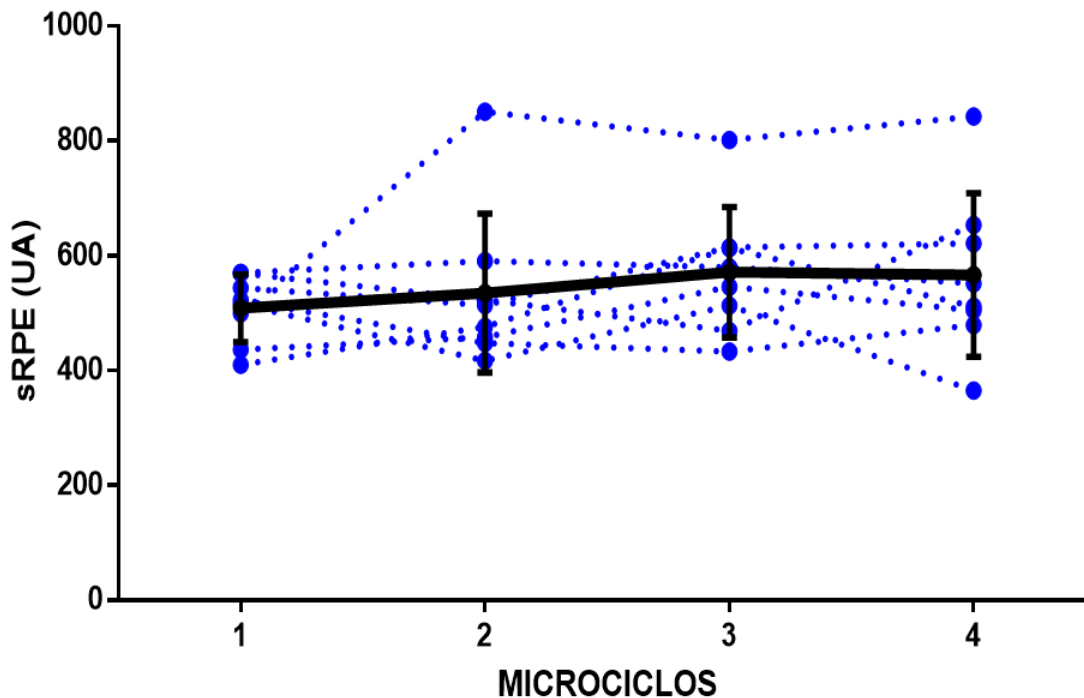


Figura 13. Comportamiento de los valores medios de la respuesta del esfuerzo percibido de la sesión (sRPEm) a lo largo de los cuatro microciclos. LB = Línea de base. La línea negra gruesa representa el comportamiento grupal, las líneas azules intermitentes representan el comportamiento individual de los ocho sujetos.

La prueba de Friedman del ERSm entre semanas indica que cuando menos una de las semanas tiene valores significativamente diferentes ($p < .035$). Para verificar cuales de las semanas tenían diferencias, se hizo un análisis post hoc de comparaciones por parejas con la prueba de Wilcoxon. Se encontraron diferencias solamente entre la semana 3 con las semanas 1 ($p < .017$) y 2 ($p < .049$), mientras que el análisis individual muestra las tendencias diferenciadas entre los sujetos (ver figura 14). En lo que respecta al análisis del mínimo cambio apreciable, el ERS mostro un cambio sustancial en el microciclo con respecto al tres ($ES = 0.79$), mientras que los demás análisis resultaron poco claros.

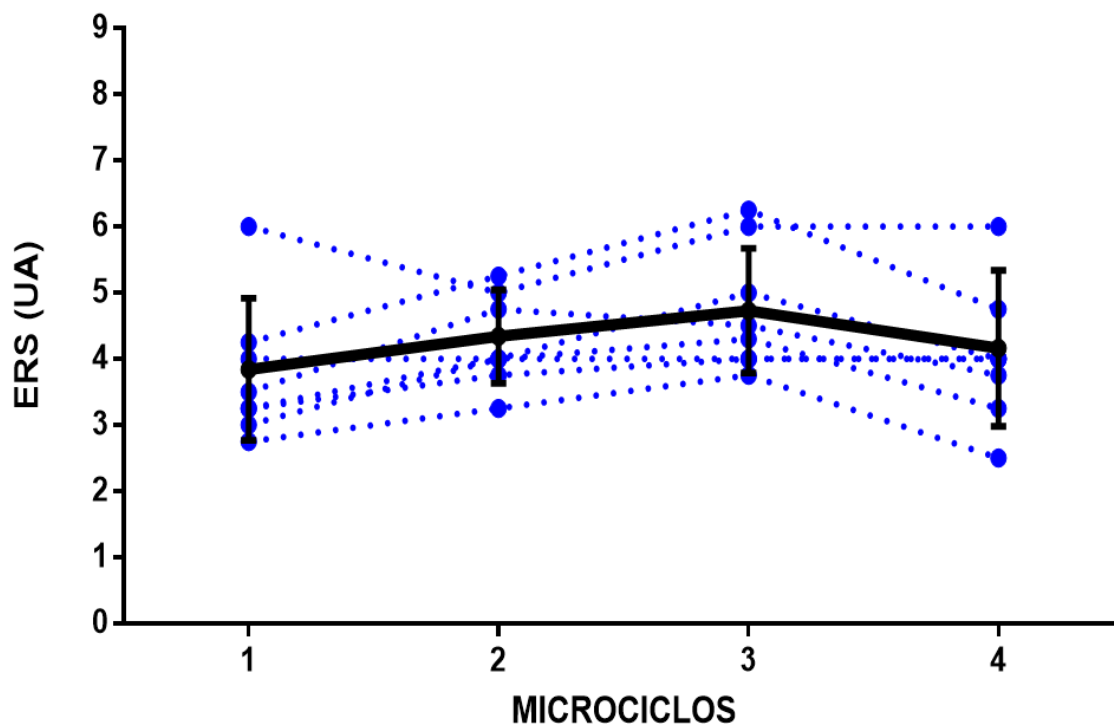


Figura 14. Comportamiento de los valores medios de la escala de recuperación subjetiva (ERSm) a lo largo de los cuatro microciclos. LB = Línea de base. La línea negra gruesa representa el comportamiento grupal, las líneas azules intermitentes representan el comportamiento individual de los ocho sujetos.

Tabla 7

Comportamiento del ERS mediante el mínimo cambio apreciable

VARIABLES	%CAMBIO (90 % CL)	TE	INFERENCIAS CUALITATIVAS	CAMBIO
ERS 1 - ERS 2	15.00 (-4.7; 38.7)	0.50 (-0.17; 1.18)	PROBABLE	78/18/4
ERS 1 - ERS 3	24.6 (2.5; 51.5)	0.79 (0.09; 1.49)	PROBABLE	92/7/1
ERS 1 - ERS 4	7.6 (-14.8; 35.9)	0.26 (-0.58; 1.10)	POCO CLARO	55/27/17
ERS 2 - ERS 3	8.4 (-7.5; 27.0)	0.43 (-0.42; 1.28)	POCO CLARO	68/21/11
ERS 2 - ERS 4	-6.4 (-23.9; 15.0)	-0.36 (-1.46; 0.75)	POCO CLARO	19/21/60
ERS 3 - ERS 4	-13.7 (-30.3; 6.9)	-0.68 (-1.68; 0.31)	POCO CLARO	7/13/80

Nota: Las magnitudes de los cambios entre el microciclo 1 y el 4 son expresadas en porcentaje de cambio (%Δ) y los límites de confianza son al 90% ($\pm 90\%$ LC). ES, tamaño del efecto. ERS= Escala de recuperación subjetiva. El número después de la variable corresponde al número de microciclo.

Para el segundo objetivo se evaluó la dinámica de los parámetros SS y LnrMSSD, de cada sujeto de estudio por día con la intención de mostrar la evolución diaria de los parámetros. Se muestra de manera conjunta el comportamiento del LnrMSSD y el SS con el promedio móvil, para una mejor comprensión del lector los resultados se presentan en figuras, (ver figura 15 y 16). Atendiendo también al objetivo específico número dos para tener una mejor comprensión del comportamiento de los parámetros de VFC se realizaron regresiones lineales de las variables SS y LnrMSSD y a estas se les saco el valor de las pendientes contrastadas con el tiempo, los valores de estas pendientes son reportados en la tabla 8.

Tabla 8
Valores de las pendientes del LnrMSSD y SS por sujeto

Sujetos	PENLnrMSSD	PENSS
1	-0.023	0.141
2	-0.007	0.138
3	0.013	0.314
4	0.010	0.061
5	0.002	0.028
6	0.057	0.490
7	0.002	0.062
8	0.090	0.946

Nota: PENLnrMSSD= Valor de la pendiente del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes. PENSS= Valor de la pendiente del stress score.

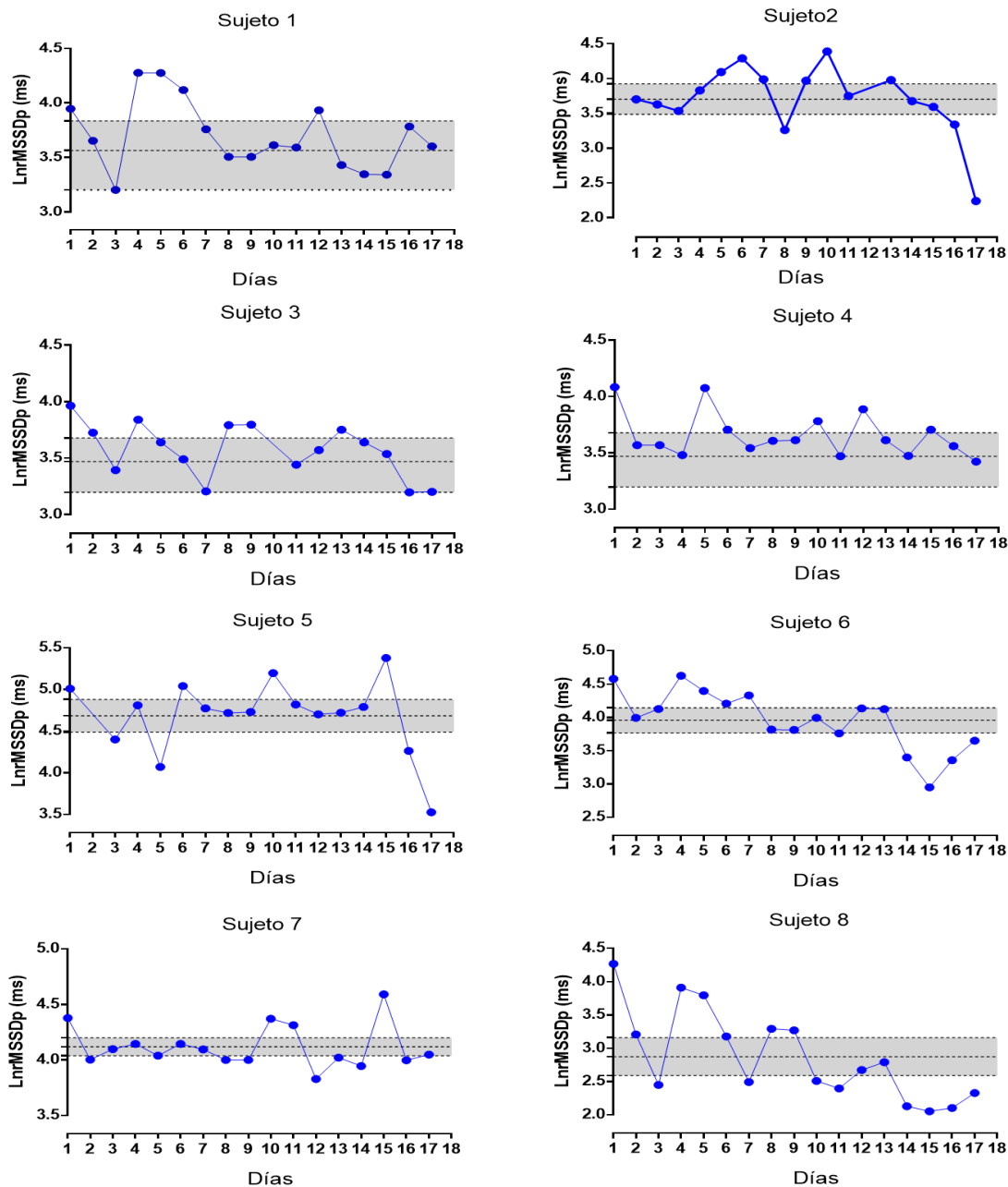


Figura 15. Cambios individuales en el promedio móvil del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes (LnrMSSDp), por día. La línea gris indica el mínimo cambio apreciable con los intervalos de confianza al 90%.

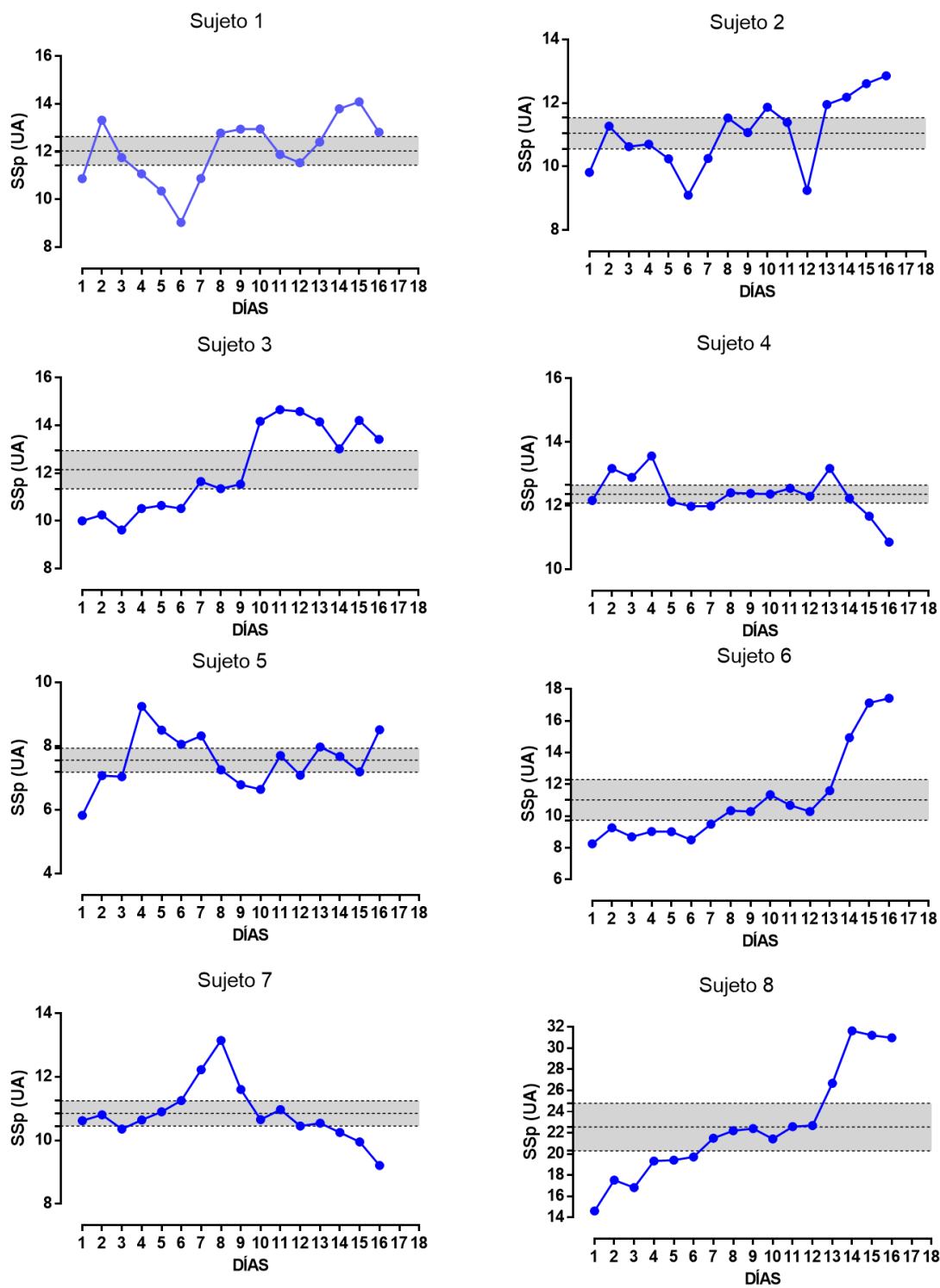


Figura 16. Cambios individuales en el promedio móvil del índice de estrés (SSp), por día. La línea gris indica el mínimo cambio apreciable con los intervalos de confianza al 90%.

Con respecto al objetivo específico número tres de ver la relación entre los variables de carga interna y de VFC se realizaron correlaciones de Spearman. El SS como indicador de actividad simpática y el LnrMSSD como indicador de actividad parasimpática mostraron correlaciones de forma inversa (tabla 4). El LnrMSSD mostro una correlación negativa con los parámetros de carga interna TRIMP Y sRPE, por el contrario, el SS tuvo correlaciones positivas con estos mismos parámetros (tabla 4). El ERS mostro una correlación negativa con los parámetros de carga sRPE, TRIMP y SS y positiva con el LnrMSSD (tabla 4). Todas estas evaluaciones tomaron en cuenta los valores semanales.

Tabla 9

Coeficientes de correlación entre los métodos de carga interna TRIMP, sRPE, métodos de VFC LnrMSSD, SS Y recuperación subjetiva ERS.

	LnrMSSD	SS	TRIMP	sRPE	ERS
LnrMSSD	1	-.887**	-.470**	-.608**	.651**
SS		1	-.226*	.641**	-.575**
TRIMP			1	.523**	-.345
sRPE				1	-.336
ERS					1

Nota: LnrMSSD= Logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes. SS = Stress score. TRIMP = Impulso de entrenamiento. sRPE= Respuesta al esfuerzo percibido de la sesión. ERS= Escala de recuperación subjetiva.

*Coeficientes de correlación a $p < .05$. **Coeficientes de correlación a $p < .01$.

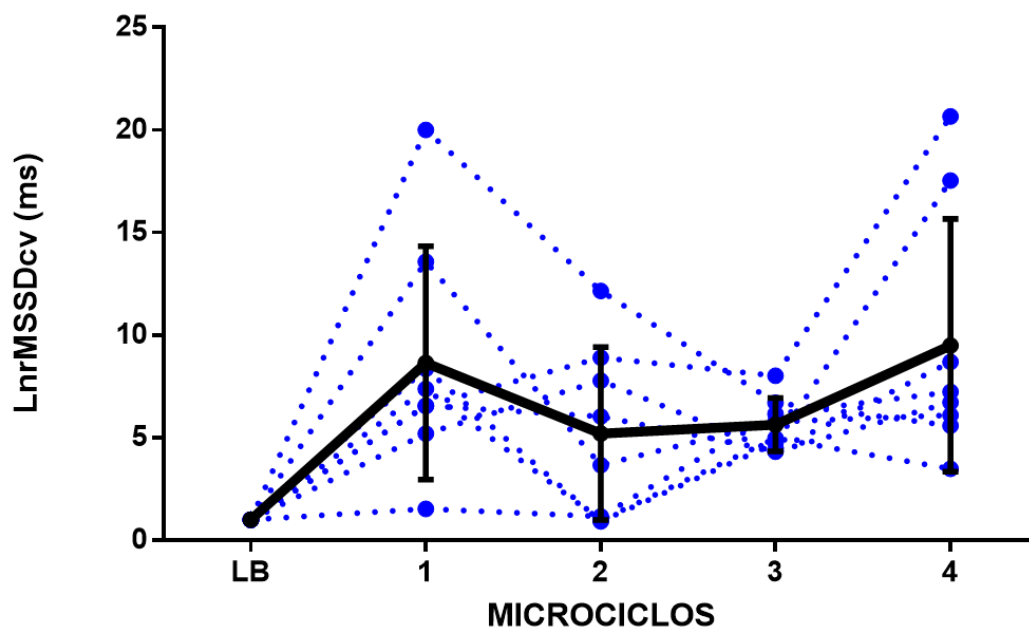


Figura 17. Comportamiento de los valores medios del coeficiente de variación del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes (LnrMSSDcv) a lo largo de los cuatro microciclos. LB = Línea de base. La línea negra gruesa representa el comportamiento grupal, las líneas azules intermitentes representan el comportamiento individual de los ocho sujetos.

Para el objetivo específico cuatro de analizar el LnrMSSDcv durante los cuatro microciclos de forma individual y grupal y su relación con los cambios en el Squat Jump de forma grupal. Encontramos en primer lugar, que el LnrMSSDcv presento un valor inicial de 8.6 ± 5.7 en el microciclo 1, para posteriormente en los microciclos 2 y 3 disminuir 6.6 ± 4.1 ; 5.6 ± 1.3 respectivamente aumentando los valores por encima de los iniciales en el último microciclo 9.5 ± 6.2 . Los resultados del análisis del mínimo cambio apreciable, el tamaño del efecto y las inferencias cualitativas son mostrados en la tabla 10. Por otra parte, la correlación de Spearman entre el CV LnrMSSD y los porcentajes de mejora del Squat Jump tuvo un coeficiente de -0.52 y no fue significativa.

Tabla 10

Cambios del LnrMSSDcv durante los cuatro microciclos basados en el mínimo cambio apreciable, el tamaño del efecto y las inferencias cualitativas.

MICROCICLO	%CAMBIO \pm 90 % CL	ES	INFERENCIAS CUALITATIVAS	CAMBIO
CV M1 – CV M2	-24.8 (-61.8; 48.2)	-0.34 (-1.13; 0.46)	POCO CLARO	13/26/62
CV M1 – CV M3	-21.2 (-53.0; 32.1)	-0.28 (-0.89; 0.33)	POCO CLARO	9/32/60
CV M1 – CV M4	-15.5 (-36.6; 110.6)	-0.17 (-0.54; 0.88)	POCO CLARO	47/34/19
CV M2 – CV M3	4.7 (-38.4; 78.0)	-0.05 (-0.56; 0.66)	POCO CLARO	33/44/23
CV M2 – CV M4	53.5 (-16.7; 182.9)	-0.49 (-0.21; 1.19)	POCO CLARO	76/19/5
CV M3 – CV M4	46.7 (-3.2; 122.3)	1.54 (-0.13; 3.20)	PROBABLE	91/4/4

Nota: Las magnitudes de los cambios entre los microciclos son expresadas en porcentaje de cambio (% Δ) y los límites de confianza son al 90% (\pm 90 % LC). ES= tamaño del efecto. CV= coeficiente de variación del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes. M1= microciclo 1. M2= microciclo 2. M3= microciclo 3. M4= microciclo cuatro.

Con respecto al objetivo específico cinco de ver la relación de la tendencia de los parámetros de SS y LnrMSSD por medio del valor de sus pendientes y las diferencias del salto SJ, se encontraron correlaciones negativas y positivas respectivamente, mostrando que a menor SJ, mayor tendencia al aumento en el índice de actividad simpática y a mayor SJ, mayor tendencia al aumento en el índice de actividad parasimpática (tabla 11).

Tabla 11

Coeficientes de correlación entre los valores de las pendientes de SS y LnrMSSD y las ganancias en el Squat Jump representadas en porcentajes.

Correlaciones				
	%GSJ	%GVO ₂ MAX	PEN SS	PEN LnrMSSD
%GSJ	1	-0.214	-.762*	.738*
%GVO ₂ MAX		1	0.531	-0.48
PEN SS			1	-.857**
PEN LnrMSSD				1

Nota: %MSJ= Porcentaje de mejoras del Squat Jump. %GVO₂MAX = Porcentaje de mejora de las ganancias del Volumen Máximo de Oxígeno PEN SS= Valor de las pendientes de Stress Score. PEN LnrMSSD= Valor de la pendiente del logaritmo Neperiano de la raíz cuadrada de la media de la suma de las diferencias al cuadrado de los intervalos r-r adyacentes. *Coeficientes de correlación a $p < .05$. **Coeficientes de correlación a $p < .01$.

El objetivo específico seis de evaluar el cuestionario RESTQ-sPORT a inicio y final de la concentración nos dio como resultado aumentos significativos en las escalas de estrés general, recuperación general, estrés específico al deporte y recuperación específica al deporte. Los ítems que mostraron diferencias significativas se pueden apreciar en la tabla 9

Tabla 12

Cambios en las escalas del RESTQ-Sport entre el microciclo 1 y 4

Escala/Dimensión	M1 M ± DE	M4 M ± DE	Wilcoxon (Z)	M4 a M1
Estrés General	.35 ± .45	1.28 ± 1.31	-2,02b	>*
Estrés Emocional	132 ± .80	1.57 ± 1.37	-,63b	>
Estrés Social	1.03 ± 1.02	1.75 ± 1.63	-1,36b	>
Conflictos/presión	1.39 ± .97	1.89 ± .70	-1,48b	>
Fatiga	2 ± .89	2.57 ± 1.90	-,42b	>
Falta de Energía	0.92 ± .62	1.67 ± .99	-1,80b	>
Alteraciones Físicas	1.57 ± 1.39	1.78 ± 1.25	-,67b	>
Éxito	3.85 ± 1.10	3.78 ± 1.35	-,27c	<
Recuperación Social	4.21 ± 1.14	3.8 ± .87	-,94c	<
Recuperación Física	3.39 ± 1.16	3.32 ± 1.47	-,31c	<
Bienestar General	5.21 ± .99	4.75 ± 1.31	-1,63c	<
Calidad del Sueño	4.78 ± .89	4 ± 1.26	-2,22c	<*
Descanso Alterado	1.46 ± .46	2.17 ± 1.71	-1,08b	>
Fatiga Emocional	0.71 ± .68	1.71 ± 1.35	-2,37b	>*
Forma Física Lesiones	2.64 ± 1.70	2.39 ± 1.54	-,10b	<
Estar en Forma	4.10 ± 1.45	3.85 ± 1.67	-1,18c	<
Realización Personal	5.03 ± 1.19	4.71 ± 1.12	-1,62c	<
Autoeficacia	4.96 ± 1.16	4.39 ± 1.04	-1,89c	<
Autorregulación	5.07 ± 1.01	4.5 ± 1.011	-1,62c	<
Estrés General	1.22 ± .64	1.79 ± 1.16	-1,69b	>
Recuperación General	4.29 ± .92	3.94 ± 1.06	-2,04c	<*
Estrés Deportivo	1.60 ± .86	2.09 ± 1.47	-1,02b	>
Recuperación Deportiva	4.79 ± 1.08	4.36 ± 1.15	-2,11c	<*

Nota: M ± DE= Media ± desviación estándar. M1= Microciclo uno. M4= Microciclo cuatro.

* = diferencia significativa de $p < .05$ en el microciclo 4 con respecto al microciclo 1.

Discusiones

El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios del LnrMSSD, del LnrMSSDcv y el SS frente a otros métodos de evaluación de la carga interna como lo es la sRPE, el TRIMP de Edwards y su relación con los cambios de rendimiento aeróbico, neuromuscular y psicométricos en atletas de selección mexicana de voleibol femenino durante una concentración de cuatro microciclos de duración.

La principal contribución del estudio fue 1) Presentar el comportamiento de los métodos de evaluación del SS el LnrMSSD y el LnrMSSDcv en atletas femeninas de alto nivel de voleibol durante un periodo precompetitivo, 2) Evidenciar la sensibilidad de las mediciones como indicadores de las respuestas del organismo ante un mesociclo de entrenamiento, frente a otros métodos ya establecidos por la literatura.

En relación con el SS se aprecia que, en la toma basal, los valores se encuentran fuera de los límites considerados como parámetros adecuados, de acuerdo a los percentiles establecidos ($SS < 8$) en futbolistas de elite por Naranjo et al. (2016b), y también a los valores encontrados en un atleta femenina de Ironman, durante una temporada competitiva en un estudio realizado por Nieto-Jimenez, Pardos-Mainer, Ruso-Álvarez & Naranjo-Orellana (In press). En este parámetro nuestros resultados muestran diferencias significativas en la toma dos y cuatro con respecto a la línea de base y todos los días evaluados los valores estuvieron por encima de los límites anteriormente mencionados, en relación a nuestro hallazgo no encontramos evidencia en la literatura de estudios que evalúen al SS en voleibolistas de alto nivel, pero si se encontró un estudio en jugadores universitarios de balonmano que mostro un comportamiento similar a nuestro estudio, es decir, parámetros fuera de los rango, durante la evaluación de la recuperación 72 horas después de una competencia Miranda-Mendoza et al (in press), deduciendo que los parámetros que propone Naranjo y colaboradores pueden ser influenciados de acuerdo al tipo de deporte y el nivel competitivo de los atletas, esto pudiera ser normal si tomamos en cuenta que los valores de VFC hasta ahora reportados sugieren que los deportes de resistencia presentan mejores valores de la actividad vágales en reposo (Da Silva et al., 2015).

En este estudio se presentan por primera vez un contraste del parámetro SS con otros métodos aceptados por la literatura como fiables para la evaluación de la carga interna, como resultado tuvimos correlaciones positivas entre el SS, TRIMP y sRPE, fortaleciendo la idea de que tanto en futbolistas de elite (Naranjo et al. 2016b) y balonmano Miranda-Mendoza et al (in press) el SS también puede ser utilizado como marcador de las adaptaciones del organismo y un indicador de la carga interna mediante la evaluación de la actividad simpática en mujeres voleibolistas mexicanas de alto nivel. En este estudio no se tuvo la oportunidad de evaluar la carga externa sin embargo otros estudios han presentado no encontrar correlaciones entre la carga externa y las mediciones de VFC por lo que sugieren que los parámetros de VFC estarían más asociados a la evaluación de la carga interna (Nieto-Jimenez, Pardos-Mainer, Ruso-Álvarez, & Naranjo-Orellana, In press).

Otro hallazgo de importancia, pero no nuevo en la literatura, fue la correlación mostrada con el SS y el LnrMSSD ya mencionada anteriormente, ya que ha sido reportado que el SS tiene correlaciones con los parámetros de dominio de tiempo (Naranjo, De La Cruz, et al., 2015), por otra parte Proietti et al., (2017) hace mención del comportamiento del SD2, variable que ha sido relacionada con la actividad simpática, la cual, durante la aplicación de la atropina para el bloqueo parasimpático en condiciones de reposo resulta en una reducción lineal progresiva de SD1 (actividad parásimpática) mientras que el SD2 permanecía estable, la respuesta esperada de la actividad simpática y parasimpática durante este tipo de intervenciones. Por otra parte, el comportamiento del SS y el LnrMSSD, no es totalmente inverso y esto pudiera explicarse a que la actividad simpática y parasimpática interactúan constantemente, sin embargo, el nervio vago es activado por las acetilcolinesterasas, mismas que se hidrolizan rápidamente para conseguir los impulso en el nervio vago siendo más breve las respuesta parasimpáticas que las simpáticas (Task Force, 1996), deduciendo que el SS pudiera reflejar de mejor forma las respuestas de la actividad simpática no inmediatas.

Por otra parte, es importante mencionar que el comportamiento del SS fue muy variable entre sujetos, por lo que se tomó en cuenta la evaluación de las tendencias

mediante el valor de las pendientes, encontrando principalmente que la mayoría mostro una predisposición hacia el aumento de la actividad simpática, mientras que los demás sujetos no exponen una tendencia clara, lo cual podría mostrar uno de los principios de la carga interna, la cual debe ser diferente entre sujetos de acuerdo a sus características (Brink et al., 2010). En relación a los cambios presentados en el SS vemos que el mayor aumento se presentó en el microciclo cuatro, al igual que el LnrMSSD de manera inversa además de coincidir también con el mayor aumento en el LnrMSSDcv en el mismo microciclo, sin encontrar una relación dosis respuesta con la carga de entrenamiento medida por el TRIMP y el sRPE en el último microciclo, ya que los valores de carga disminuyeron en ese momento, atribuyendo este comportamiento a la acumulación de la fatiga, para hacer esto aún más evidente con el valor obtenido de las pendiente se relacionó la evaluación final de salto Squat jump previamente utilizado como un indicador de la función muscular (Gomes et al., 2014) y la sensibilidad en los aumentos de la carga (Thorpe, Atkinson, Drust, and Gregson, 2017) los resultados arrojaron una correlación lo cual podría dar fortaleza a la idea de que el aumento del SS está relacionado con la acumulación de la fatiga durante los microciclos.

Con respecto a los valores que se registraron semanalmente del LnrMSSD se encuentran entre el percentil 5 y 10 para mujeres deportistas, reportados por Corrales et al., (2012), y aunque estos autores no presentan valores de LnrMSSD, estos se obtuvieron aplicando el Ln a cada valor del percentil como lo hizo Nieto-Jimenez et al., (in press).

El LnrMSSD ha sido una variable ampliamente estudiada en el deporte, como un indicador de la actividad parasimpática con el objetivo de controlar los cambios en la fatiga general y el rendimiento a corto y largo plazo (Buchheit, 2014), en este estudio el LnrMSSD fue evaluado durante cuatro microciclos donde los primeros tres mostro un comportamiento muy estable, sin cambios, hasta el cuarto microciclo donde se presentó una disminución significativa respecto a la línea de base, además de presentar cambios sustanciales con tamaños del efecto importantes con respecto al cuarto microciclo también (Ver tabla 4), Los primeros 3 microciclos observamos una meseta y al final de la concentración una caída en los valores del LnrMSSD de forma

grupal, al ser este parámetro un marcador altamente sensible para la detección de cambios en la carga de entrenamiento, el comportamiento que encontramos ha sido sugerido como lo que parecieran ser síntomas de adaptaciones no funcionales al entrenamiento (Branco et al., 2017; Mazon et al., 2013).

Para hacer más contundentes en las posibles causas del comportamiento del LnrMSSD fue necesario tomar en cuenta los resultados que arrojaron las variables de control, en primer lugar, tenemos la correlación negativa encontrada con los indicadores de carga interna sRPE y TRIMP con el LnrMSSD, lo cual nos dice que a mayor carga de entrenamiento menor será la actividad parasimpática. Estos resultados son importantes a tomar en cuenta, ya que Flatt & Esco (2016), sugieren que las adaptaciones autónomas cardíacas que se producen dentro de las tres semanas de entrenamiento pueden proporcionar información sobre las adaptaciones positivas o negativas en la condición física en deportes de equipo. Es conocido que la recuperación entre los periodos intensos de entrenamiento tiene un papel fundamental para permitir al organismo las adaptaciones positivas, el tiempo de recuperación dependerá de diferentes factores como el tipo de entrenamiento que se haya realizado, algunos estudios sugieren que dos días de recuperación permitirían al organismo la reducción del estrés y la restauración de la actividad autonómica cardíaca en microciclo intensos de preparación (Carvalho et al., 2015). En nuestro estudio los microciclos estaban comprendidos por cuatro días con sesiones dobles y un día de recuperación, no concordando con las recomendaciones establecidas. Lo cual pudiera ser otro factor que afectara a la acumulación de la carga de entrenamiento en relación con el análisis individual, se hace evidente las respuestas son diferentes en la mayoría de los sujetos, sin embargo, dos casos particulares parecieron estar en los extremos del comportamiento grupal, los cuales serán discutidos más a detalle en el análisis individual.

Con respecto al sRPE se evidencia que los microciclos se mantuvieron estables al no encontrar diferencias significativas en los diferentes microciclos ya que en los análisis se presentaron inferencias cualitativas poco claras en todos los microciclos, dicho comportamiento no es habitual con respecto a otros estudios realizados en

voleibolistas en periodos de preparación de corto tiempo, ya que estos sugieren que el comportamiento de las cargas debiera ser de carácter ondulatorio con el objetivo de mantener un correcto equilibrio entre la carga y descanso (Medeiros et al., 2018). Aunque no encontramos en la literatura parámetros de referencia de las cargas habituales semanales en un equipo de voleibol, a diferencia del futbol donde generalmente la carga varían entre 300 y 500 unidades para sesiones con baja intensidad y de 700 a 1000 unidades para sesiones de alta intensidad (Gabett, 2016), sin embargo, en nuestro estudio podemos admitir que la falta de variación de la carga que no fue bien tolerada, acumuló fatiga que para la cuarta semana podría considerarse como crónica según los estudios de Gabett (2016).

Las correlaciones encontradas con respecto a la sRPE y el TRIMP no es algo nuevo en la literatura científica, ya que esto ha sido reportado previamente en deportes de rugby, hockey y futbol soccer con muy buenos valores de correlación $r = 0.68$; $r = 0.60$; $r = 0.72$ respectivamente (Scantlebury, Till, Atkinson, Sawczuk & Jones, 2017), sin embargo, las correlaciones encontradas en nuestro estudio ($r = 0.52$) fueron menores a las ya mencionadas, atribuyendo esto posiblemente a las demandas fisiológicas de estos deportes en comparación con el voleibol. Aún con las correlaciones encontradas entre la sRPE y el TRIMP, este último mostro un comportamiento diferente ya que este encontró diferencias entre la semana 2 y semana 3 ($p = .03$), así como entre semana 3 y semana 4 ($p = .016$), aunque el TRIMP ha sido una herramienta confiable y esto se demuestra en nuestro estudio por las respuestas diferenciadas entre los sujetos, este tiene ciertas limitaciones ya que este evalúa la carga interna a nivel fisiológico a través de la frecuencia cardiaca pero no da toma en cuenta factores neuromusculares (Ortega-Becerra, Asián-Clemente, & Lopez-Adarve, 2016), siendo esto un elemento muy importante a considerar con respecto a las diferencias con el sRPE contemplando la muestra de nuestro estudio.

Con respecto a los resultados de la ERS, no se han podido discutir los resultados ya que no hay estudios que la hayan utilizado antes, sin embargo, nuestros resultados muestran correlaciones con los parámetros de VFC con coeficientes de correlación $r = .651$ ($p < .01$). Por la poca muestra de nuestro estudio no es posible

determinar si esta pudiera ser una herramienta fiable para la evaluación de la recuperación con otros atletas. Pero se recomiendan estudios futuros en mayores poblaciones.

Es importante destacar que este estudio presenta por primera vez un contrastar del parámetro SS con otros métodos aceptados por la literatura como métodos fiables para la evaluación de la carga interna en voleibol femenino, como resultado tuvimos una correlación positiva entre el SS y sRPE, con una $r = 0.64$ infiriendo que además de futbolistas de élite y jugadores de balonmano universitario (Miranda-Mendoza et al, in press; Naranjo et al, 2016b), el SS también puede ser utilizado como indicador de las respuestas del organismo a los entrenamientos y un indicador fiable de la carga interna mediante la evaluación de la actividad simpática en mujeres voleibolistas mexicanas de alto nivel.

En estudios previos se ha sugerido el LnrMSSDcv como un índice de la adaptación a las cargas de entrenamiento, la mayoría de estos estudios sugieren que un menor LnrMSSDcv está relacionado con un mejor nivel de aptitud física (Flatt et al., 2016; Ornelas et al., 2017). En nuestro estudio el LnrMSSDcv inicio con un valor de 8.64% y este disminuyo en los microciclos 2 y 3 (6.5% y 5.6%) respectivamente, volviendo a subir en el cuarto microciclo alcanzando los valores más altos 9.5%. Es interesante ver en nuestro estudio un aumento en el último microciclo, ya que estudios previos en futbolistas han reportado valores más bajos en la quinta semana de evaluación, atribuyéndolo a una adaptación positiva al entrenamiento (Nakamura et al., 2016). mientras que Flatt et al. (2016), reportaron reducciones del LnrMSSDcv después de un microciclo de entrenamiento considerado como de alta intensidad en comparación con un microciclo de carga ligera, esta idea es apoyada por otro estudio que sugiere que los aumentos en la carga de entrenamiento aumentara el LnrMSSDcv (Flatt, Hornikel & Esco, 2017), por otra parte, los autores que trabajan con el LnrMSSDcv, lo han relacionado con aumentos de la carga o disminuciones, pero en el caso de nuestro estudio la carga tiene a ser estable y de carácter acumulativo por lo que la acumulación en la carga crónica pudiera ser un factor que afecte también al LnrMSSDcv como en nuestro estudio.

El LnrMSSDcv ha sido correlacionado con mejoras en la capacidad física lo cual en nuestro estudio tampoco resultó ser de esta forma, ya que no se encontraron correlaciones con el test de salto SJ, ni con el VO_2max , es importante mencionar que las poblaciones donde se han realizado correlaciones entre las mejoras físicas y los coeficientes de variación han sido deportes donde predomina el componente aeróbico (Nakamura et al., 2016; Flatt et al., 2016; Ornelas et al., 2017), además de reportar un trabajo especializado de esta capacidad, a diferencia del deporte que se evaluó en nuestro estudio (voleibol) con un mayor componente de tipo anaeróbico donde los entrenadores no reportaron un trabajo específico de resistencia.

Con respecto a los valores del LnrMSSDcv la información que brinda nuestro estudio es importante, ya que es la primera vez que se reportan valores del CV en voleibolistas femeniles, en nuestro caso el LnrMSSDcv fue del 5.5% al 9.5% durante los cuatro microciclos siendo mayor a los reportados por otros estudios en deportes de resistencia (Nieto-Jimenez et al., in press). Los valores aceptados se consideran estar entre el 10% y 20% según (Buchheit, 2014b), sin embargo, no se especifica alguna consideración de esta variable por el tipo de deporte que pudiéramos considerar para nuestro estudio.

Como ya mencionamos en nuestro estudio no existieron correlaciones entre el LnrMSSDcv y el parámetro físicos, sin embargo, cuando se correlacionaron con el valor de las pendientes que nos indicaban las tendencias estas solo fueron significativas en el SJ y no así con el VO_2max , argumentando que las causas de esto podrían ser: 1) el tipo de deporte analizado, con una predominancia en acciones de salto, 2) el tipo de preparación a la que se estaban sometiendo las jugadoras en el lapso de la evaluación específica (no aeróbica), y 3) el aumento del LnrMSSDcv pueda estar influenciado por factores específicos a la condición cardiorrespiratoria y no neuromuscular. Sugiriendo a las líneas de tendencia de la VFC como una herramienta más para el análisis de las adaptaciones tal como los sugiere Plews et al. (2012).

Evaluar las cargas de entrenamiento en deportes de equipo de manera individual es un tema complicado, ya que la carga generada resulta de la interacción simultánea de diferentes sistemas biológicos (Plews, Laursen, Meur, Hausswirth, Kilding & Buchheit, 2014), por esta razón, es complicado llegar a conclusiones precisas del comportamiento de los parámetros de VFC en este tipo de deportes. Probablemente por este motivo los análisis individuales en deportes de equipo en específico el voleibol, no ha sido reportado en la literatura, en este sentido nuestro estudio se permitió tratar de abordar esto tomando en cuenta las diferentes variables analizadas.

Con respecto al análisis del sujeto uno, este mostro un comportamiento estable en el LnrMSSD ya que no hubo valores fuera del mínimo cambio apreciable durante todos los días de medición, sin embargo si presentó en el SS aumentos por encima del mínimo cambio apreciable al finalizar el microciclo tres y cuatro, la carga medida por el TRIMP se vio aumentada durante el microciclo tres, mientras que la sRPE y la percepción de recuperación se vio afectada en la semana uno y cuatro, coincidiendo todos los parámetros con lo que dice la literatura a cerca del desequilibrio entre la carga y el descanso, que cuando existen aumentos de la carga de manera objetiva y subjetiva y a su vez descensos del LnrMSSD pudiera haber un desequilibrio en el balance estrés-recuperación, por lo cual pareciera que los desequilibrios más notorios fueron en el microciclo cuatro, donde se expuso el mayor desbalance también de forma grupal.

En el análisis por sujeto, encontramos que el dos del estudio concuerda con lo que dice la literatura, a mayores cargas de entrenamiento menor serán los valores de VFC en reposo, este sujeto mostro en la última semana una disminución del LnrMSSD por debajo del mínimo cambio apreciable, un aumento del índice de estrés medido por el SS y de la carga de entrenamiento medido por el TRIMP y la sRPE por encima del mínimo cambio apreciable, mientras que la percepción de la recuperación se mantuvo estable, lo cual nos podría indicar que el sujeto tuvo un buen control de la recuperación, hasta la semana cuatro donde la acumulación de la carga se vio afectada en los parámetros simpático-vagal.

Los sujeto tres y cuatro mostraron un comportamiento estable sin cambios apreciables en el LnrMSSD, mientras que la carga de entrenamiento solo tuvo un mínimo cambio apreciable durante el microciclo tres, para la evaluación de la carga mediante la percepción esta tuvo los valores más altos presentando cambios apreciables en el microciclo uno y dos, y no coincidiendo además con ningún otro parámetro de carga, los cuales no presentaron cambios apreciables en esos microciclos y la percepción de recuperación mejoro en los últimos dos microciclos, en este sujeto de acuerdo a los diferentes parámetros, deducimos que los aumentos que se presentaron en la carga de entrenamiento, fueron bien asimilados, porque no se tuvieron mayores perturbaciones en las variables de VFC.

Los sujetos seis y ocho mostraron valores por debajo del mínimo cambio apreciable durante el microciclo cuatro en el LnrMSSD y el SS tuvo aumentos que fueron considerados relevantes también en el mismo microciclo, el comportamiento de la carga fue muy variable, teniendo aumentos considerables en un día de evaluación de cada microciclo, es interesante ver que la percepción de la recuperación disminuye en el último microciclo concordando con la caída del LnrMSSD y de forma inversa con el aumento del SS.

El RESTQ Sport ha sido utilizado previamente en investigaciones con deportistas, en nuestro caso fue utilizado como una variable de control que nos indicaba el balance estrés recuperación, este presento cambios en algunas escalas como la de estrés general que tuvo un aumento significativo entre el microciclo uno y cuatro. Este comportamiento ha sido previamente reportado por un estudio de Reynoso et al., (2016) los cuales evalúan a un equipo de voleibol universitario. Nosotros sugerimos que la acumulación de las cargas fue el motivo por el cual se presentaron esos cambios en las escalas del cuestionario ya que se ha demostrado previamente que los atletas sometidos a altas cargas de entrenamiento puede llevar a un desequilibrio estrés-recuperación con marcadores de estrés más altos y menor percepción de recuperación (Meeusen et al., 2013; Morales et al., 2014), tal como se presenta en nuestro estudio.

Limitaciones del estudio

Las principales limitaciones encontradas en este estudio fue la realización de análisis que correlacionaran la carga de entrenamiento con los coeficientes de variación para comprobar el efecto de uno sobre el otro. Por otra parte, un análisis de la intensidad de la carga de entrenamiento hubiera podido dar pie a la discusión con otros estudios que la relacionan con el comportamiento de la VFC, y por último, la poca muestra que cumplía con todos los análisis para ser tomada en cuenta para el estudio sigue siendo una limitación que afecta a la generalización de los resultados.

Conclusiones

Los parámetros SS y LnrMSSD, TRIMP, RPE y ERS en este estudio mostraron evaluar cambios que se presentaban durante los cuatro microciclos. La evaluación de los promedios móviles diarios del SS y el LnrMSSD individuales pueden ayudar a mejorar la interpretación de los resultados día a día entre cada sujeto.

Las correlaciones encontradas entre los parámetros de VFC y carga interna pueden fortalecer la idea de que el SS y el LnrMSSD pueden ser una herramienta que indique las respuestas del entrenamiento sobre el organismo.

Los cambios en el LnrMSSDcv mostraron los cambios durante los cuatro microciclos, pero no con la capacidad física del salto. Por lo que se sugiere más investigación del comportamiento de variación en deportes con un mayor componente anaeróbico.

Los valores de las pendientes mostraron cambios en relación con los cambios físicos en el SJ, por lo que pudiera ser una herramienta para tomar en cuenta, para el reflejo de la fatiga.

El cuestionario RESTQ-Sport logró medir los cambios en el balance estrés recuperación en una concentración de atletas de selección mexicana de voleibol.

Referencias

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(7), 517–538.
<http://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004>
- Akubat, I., & Abt, G. (2011). Intermittent exercise alters the heart rate-blood lactate relationship used for calculating the training impulse (TRIMP) in team sport players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(3), 249–253.
<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.12.003>
- Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & Abt, G. (2012a). Methods of monitoring the training and match load and their Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal . Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1473–1480.
<http://doi.org/10.1080/02640414.2012.712711>
- Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & Abt, G. (2012b). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1473–1480.
<http://doi.org/10.1080/02640414.2012.712711>
- Alexiou, H., & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(3), 320–330.
- Aubert, A., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Med*, 33(12), 889–919. <http://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00003>
- Barroso, R., Salgueiro, D. F., Do Carmo, E. C., & Nakamura, F. Y. (2015). The effects of training volume and repetition distance on session rating of perceived exertion and internal load in swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(7), 848–852. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0410>
- Bartolomei, S., Hoffman, J., Merni, F., & Stout, J. (2014). A comparison of traditional and block periodized strength training programs in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 990–997.
- Bessa de oliveira, A., & da Silva, J. (2005). El estudio Comparativo Entre el Modelo

- de Periodización Clásico de Matveev y el Modelo de Periodización por Blocos de Verkhoshanski. *Fitness & Performance Journal*, 4(6), 358–362.
<http://doi.org/10.3900/fpj.4.6.358.p>
- Black, B. (1995). Conditioning for Volleyball. *Strength and Conditioning*, 53–55.
- Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Theos, A., & Maridaki, M. (2007). Influence of resistive load on power output and fatigue during intermittent sprint cycling exercise in children. *European Journal of Applied Physiology*, 101(3), 313–320.
<http://doi.org/10.1007/s00421-007-0507-7>
- Bonnar, D., Bartel, K., Kakoschke, N., & Lang, C. (2018). Sleep Interventions Designed to Improve Athletic Performance and Recovery : A Systematic Review of Current Approaches. *Sports Medicine*, 48(3), 683–703.
<http://doi.org/10.1007/s40279-017-0832-x>
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: A comparison of subjective and objective methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 16–30.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The Quantification of Training Load , Effect on Performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779–95. <http://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
- Brancaccio, P., Lippi, G., & Maffulli, N. (2010). Biochemical markers of muscular damage. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 48(6), 757–767.
<http://doi.org/10.1515/CCLM.2010.179>
- Brink, M., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S., & Lemmink, K. (2010). MONITORING LOAD, RECOVERY, AND PERFORMANCE IN YOUNG ELITE SOCCER PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 597–603.
- Buchheit, M. (2008). THE 30-15 INTERMITTENT FITNESS TEST: ACCURACY FOR INDIVIDUALIZING INTERVAL TRAINING OF YOUNG INTERMITTENT SPORT PLAYERS. *Journal of Strenght and Conditioning Research*, 22(2), 1–10.
- Buchheit, M. (2010). The 30-15 Intermittent Fitness Test : 10 year review The 30-15 Intermittent Fitness Test : 10 year review. *Myorobie Journal* •, 1(November 2009). Retrieved from <http://www.martin-buchheit.net>

- Buchheit, M. (2014a). Monitoring training status with HR measures : do all roads lead to Rome ? *Frontiers in Physiology*, 5, 1–19.
<http://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M. (2014b). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5 FEB(February), 1–19.
<http://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Buchheit, M., & Haydar B. (2009). Le 30-15 Intermittent fitness test: application pour le basket. *Association Grancaise Des Entraîneurs de Basketball*, 142.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M. J., Poulos, N., & Bourdon, P. (2010). Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 109(5), 869–878. <http://doi.org/10.1007/s00421-010-1422-x>
- Buchheit, M., Plews, D. J., Kilding, A. E., Stanley, J., & Laursen, P. B. (2013). Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781.
<http://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8>
- Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., ... Coutts, A. J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 550–555.
<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.003>
- Buijs, R. (2013). Neuroscience in the 21st century: From basic to clinical. *Neuroscience in the 21st Century: From Basic to Clinical*, 1–3111.
<http://doi.org/10.1007/978-1-4614-1997-6>
- Carvalho, L., Milanez, V. F., Oliveira, R. S., Ramos, S., Leicht, A., & Nakamura, F. Y. (2015). the Influence of a Weekend With Passive Rest on the Psychological and Autonomic Recovery in Professional Male Handball Players. *Kinesiology*, 47(1), 108–114. Retrieved from
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=103662472&login.asp&site=ehost-live&scope=site>
- Cejuela-Anta, R., & Esteve-Lanao, J. (2011). Training load quantification in triathlon.

- Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 218–232.
<http://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.03>
- Chalencon, S., Busso, T., Lacour, J., Garet, M., Pichot, V., Connes, P., ... Barthélémy, J. (2012). A Model for the Training Effects in Swimming Demonstrates a Strong Relationship between Parasympathetic Activity, Performance and Index of Fatigue. *PLoS ONE*, 7(12), 1–10.
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0052636>
- Chen, J. L., Yeh, D. P., Lee, J. . p., Chen, C. Y., Huang, C. Y., Lee, S., ... Kuo, C. H. (2011). PARASYMPATHETIC NERVOUS ACTIVITY MIRRORS RECOVERY STATUS IN WEIGHTLIFTING PERFORMANCE AFTER TRAINING. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1546–1552.
- Coffey, V., Leveritt, M., & Gill, N. (2004). Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(1), 1–10.
[http://doi.org/10.1016/S1440-2440\(04\)80038-0](http://doi.org/10.1016/S1440-2440(04)80038-0)
- Corrales, M. M., De, B., Torres, C., Esquivel, A. G., Antonio, M., Salazar, G., & Orellana, J. N. (2012). Normal values of heart rate variability at rest in a young, healthy and active Mexican population. *Health*, 4(7), 377–385.
- Costa, E. C., Vieira, C. M. A., Moreira, A., Ugrinowitsch, C., Castagna, C., & Aoki, M. S. (2013). Monitoring external and internal loads of Brazilian soccer referees during official matches. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(3), 559–564.
- Covic, N., Jeleskovic, E., Alic, H., Rado, I., Kafedzic, G., McMaster, D., & Milanovic, Z. (2016). Reliability , Validity and Usefulness of 30 – 15 Intermittent Fitness Test in Female Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 7(November), 1–7.
<http://doi.org/10.3389/fphys.2016.00510>
- Crowther, F., Sealey, R., Crowe, M., Edwards, A., & Halson, S. (2017). Team sport athletes ' perceptions and use of recovery strategies : a mixed-methods survey study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 9, 1–10.
<http://doi.org/10.1186/s13102-017-0071-3>
- da Silva Souza, M. V., Santos Soares, C. C., de Oliveira, J. R., de Oliveira, C. R., Fialho, P. H., Cunha, D. M., ... da Cunha, A. B. (2013). Heart rate variability:

- Analysis of time-domain indices in patients with chronic Chagas disease before and after an exercise program. *Revista Portuguesa De Cardiologia*, 32(3), 219–227. <http://doi.org/10.1016/j.repc.2012.12.004>
- Da Silva, V. P., De Oliveira, N. A., Silveira, H., Mello, R. G. T., & Deslandes, A. C. (2015). Heart rate variability indexes as a marker of chronic adaptation in athletes: A systematic review. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 20(2), 108–118. <http://doi.org/10.1111/anec.12237>
- de la Cruz Torres, B., López López, C., & Naranjo Orellana, J. (2008). Analysis of heart rate variability at rest and during aerobic exercise: a study in healthy people and cardiac patients. *British Journal of Sports Medicine*, 42(9), 715–720. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2007.043646>
- de Rezende Barbosa, M. P. C., Júnior, J. N., Cassemiro, B. M., Bernardo, A. F. B., França da Silva, A. K., Vanderlei, F. M., ... Vanderlei, L. C. M. (2015). Effects of functional training on geometric indices of heart rate variability. *Journal of Sport and Health Science*, (April), 1–7. <http://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.12.007>
- de Rezende Barbosa, Netto Junior, J., Cassemiro, B. M., Bernardo, A. F. B., da Silva, A. K., Vanderlei, F. M., ... Vanderlei, L. C. M. (2016). Effects of functional training on geometric indices of heart rate variability. *Journal of Sport and Health Science*, 5(2), 183–189. <http://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.12.007>
- Desgorges, F.-D., Sénégas, X., Garcia, J., Decker, L., & Noirez, P. (2007). Methods to quantify intermittent exercises. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, 32(4), 762–769. <http://doi.org/10.1139/H07-037>
- Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K., & Dellal, A. (2017). Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiology and Behavior*, 181(November), 86–94. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.09.004>
- Fairchild, T. J., Armstrong, A. A., Rao, A., Liu, H., Lawrence, S., & Fournier, P. A. (2003). Glycogen synthesis in muscle fibers during active recovery from intense exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(4), 595–602. <http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000058436.46584.8E>
- Flatt, A. A., & Esco, M. R. (2016). EVALUATING INDIVIDUAL TRAINING

ADAPTATION WITH SMARTPHONE-DERIVED HEART RATE VARIABILITY IN A COLLEGIATE FEMALE SOCCER TEAM. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (8), 378–385.

Flatt, A. A., Esco, M. R., Nakamura, F. Y., & Plews, D. J. (2016). Interpreting daily heart rate variability changes in collegiate female soccer players, (March).
<http://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06322-2>

Flatt, A. A., Hornikel, B., & Esco, M. R. (2017). Heart rate variability and psychometric responses to overload and tapering in collegiate sprint-swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(6), 606–610.
<http://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.017>

Forteza, A., & Fajardo, M. (2004). planificación por direcciones del entrenamiento deportivo con el diseño de las campanas estructurales, 1–15.

Fragala, M. S., Kraemer, W. J., Denegar, C. R., Maresh, C. M., Mastro, A. M., & Volek, J. S. (2011). Neuroendocrine-immune interactions and responses to exercise. *Sports Medicine*, 41(8), 621–639. <http://doi.org/10.2165/11590430-000000000-00000>

Freeman, R. (2006). Assessment of cardiovascular autonomic function. *Clinical Neurophysiology*, 117(4), 716–730. <http://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.09.027>

Freeman, J. V., Dewey, F. E., Hadley, D. M., Myers, J., & Froelicher, V. F. (2006). Autonomic Nervous System Interaction With the Cardiovascular System During Exercise. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 48(5), 342–362.
<http://doi.org/10.1016/j.pcad.2005.11.003>

Gabbett, T., Georgieff, B., & Domrow, N. (2007). The use of physiological, anthropometric, and skill data to predict selection in a talent-identified junior volleyball squad. *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1337–1344.
<http://doi.org/10.1080/02640410601188777>

García-gonzález, M., Fernández-chimeno, M., Capdevila, L., Parrado, E., & Ramos-castro, J. (2013). An application of fractional differintegration to heart rate variability time series. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 111(1), 33–40. <http://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.02.009>

Gernot, E. (1996). *Heart rate variability*. *European Heart Journal* (Vol. 17).

<http://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>

- Gomes, R. V., Santos, R. C. O., Nosaka, K., Moreira, A., Miyabara, E. H., & Aoki, M. S. (2014). Muscle damage after a tennis match in young players. *Biology of Sport*, 31(1), 27–32. <http://doi.org/10.5604/20831862.1083276>
- González-Boto, R., Salguero, A., Tuero, C., & Márquez, S. (2009). VALIDEZ CONCURRENTE DE LA VERSIÓN ESPAÑOLA DEL CUESTIONARIO DE RECUPERACIÓN-ESTRÉS PARA DEPORTISTAS (RESTQ-SPORT). *Revista de Psicología Del Deporte*, 18, 53–72.
- Guilkey, J. P., Overstreet, M., & Mahon, A. D. (2015). Heart rate recovery and parasympathetic modulation in boys and girls following maximal and submaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 115(10), 2125–2133. <http://doi.org/10.1007/s00421-015-3192-y>
- Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(September 2014), 139–147. <http://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z>
- Hargreaves, M., McKenna, M. J., Jenkins, D. G., Warmington, S. a, Li, J. L., Snow, R. J., & Febbraio, M. a. (1998). Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84(5), 1687–1691. <http://doi.org/10.1111/cei.12293>
- Hawley, J. A. (2002). Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 29(3), 218–222. <http://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2002.03623.x>
- Hayes, P. R., & Quinn, M. D. (2009). A mathematical model for quantifying training. *European Journal of Applied Physiology*, 106(6), 839–847. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1084-8>
- Heaton, L. E., Davis, J. K., Rawson, E. S., Nuccio, R. P., Witard, O. C., Stein, K. W., ... Baker, L. B. (2017). Selected In-Season Nutritional Strategies to Enhance Recovery for Team Sport Athletes : A Practical Overview. *Sports Medicine*, 47(11), 2201–2218. <http://doi.org/10.1007/s40279-017-0759-2>
- Henrique Magnani Branco, B., Paulo Lopes-Silva, J., Panissa, V., Ferreira da Silva Santos, J., Ferreira Julio, U., Leme Gonçalves Panissa, V., & Franchini, E.

- (2017). Monitoring training during four weeks of three different modes of high-intensity interval training in judo athletes Time-motion analysis in combat sports View project Training sciences in sport View project Monitoring training during four weeks of three d, (May). Retrieved from www.archbudo.com
- Hernández-Cruz, G., López-Walle, J. M., Quezada-Chacón, J. T., Sánchez, J. C. J., Rangel-Colmenero, B. R., & Reynoso-Sánchez, L. F. (2017). Impact of the internal training load over recovery-stress balance in endurance runners. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26, 57–62.
- Hohenauer, E., Taeymans, J., Baeyens, J. P., Clarys, P., & Clijsen, R. (2015). The effect of post-exercise cryotherapy on recovery characteristics: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 10(9), 1–22. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0139028>
- Holzman, J. B., & Bridgett, D. J. (2017). Heart Rate Variability Indices as Bio-Markers of Top-Down Self-Regulatory Mechanisms: A Meta-Analytic Review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 74, 233–255. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.12.032>
- Iguchi, J., Tateuchi, H., Taniguchi, M., & Ichihashi, N. (2014). The effect of sex and fatigue on lower limb kinematics, kinetics, and muscle activity during unanticipated side-step cutting. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(1), 41–48. <http://doi.org/10.1007/s00167-013-2526-8>
- Ihsan, M., Watson, G., & Abbiss, C. R. (2016). What are the Physiological Mechanisms for Post-Exercise Cold Water Immersion in the Recovery from Prolonged Endurance and Intermittent Exercise? *Sports Medicine*, 46(8), 1095–1109. <http://doi.org/10.1007/s40279-016-0483-3>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Issurin, V. B. (2010a). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(3), 189–206. <http://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
- Issurin, V. B. (2010b). New horizons for the methodology and physiology of training

- periodization. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(3), 189–206.
<http://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
- Jelena, Z., Popadic, G., Otto, F., & Nikola, G. (2009). MAXIMAL ANAEROBIC POWER TEST IN ATHLETES OF DIFFERENT SPORT DISCIPLINES. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(3), 751–755.
- Kaikkonen, P., Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H., & Nummela, A. (2010). Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? *European Journal of Applied Physiology*, 108(3), 435–442. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1240-1>
- Kaikkonen, P., Nummela, A., & Rusko, H. (2007). Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *European Journal of Applied Physiology*, 102(1), 79–86. <http://doi.org/10.1007/s00421-007-0559-8>
- Karmakar, C. K., Gubbi, J., Khandoker, A. H., & Palaniswami, M. (2010). Analyzing temporal variability of standard descriptors of Poincaré plots. *Journal of Electrocardiology*, 43(6), 719–724.
<http://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2010.09.001>
- Kellis, E., & Kouvelioti, V. (2009). Agonist versus antagonist muscle fatigue effects on thigh muscle activity and vertical ground reaction during drop landing. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(1), 55–64.
<http://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.08.002>
- Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress / recovery monitoring, 20, 95–102. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01192.x>
- Koenig, J., Jarczok, M. N., Wasner, M., Hillecke, T. K., & Thayer, J. F. (2014). Heart Rate Variability and Swimming. *Sports Medicine*, 44(10), 1377–1391.
<http://doi.org/10.1007/s40279-014-0211-9>
- Koprivica, V. (2012). Block Periodization -A Breakthrough or a Misconception. *SportLogia*, 8(2), 93–99. <http://doi.org/10.5550/sgia.120802.en.093K>
- Krasilshchikov, O. (2010). Application of periodisation in various sports. *British Journal of Sports Medicine*, 44(S1), i47–i47.

<http://doi.org/10.1136/bjism.2010.078725.155>

Lambert, M. I., & Borresen, J. (2010). Measuring Training Load in Sports Methods Used To Quantify Training Load. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 406–411. Retrieved from

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20861529>

Laursen, P. B. (2010). Training for intense exercise performance: High-intensity or high-volume training? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 20(SUPPL. 2), 1–10. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x>

Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., ...

Hauswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(11), 2061–2071. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182980125>

Lockie, R., Murphy, A., Scott, B., & Janse de Jonge, X. (2012). Quantifying Session Ratings of Perceived Exertion for Field-Based Speed Training Methods in Team Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(February 2016), 2721–2728. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182429b0b>

Luarte, C., González, V., & Aguayo, A. (2014). EVALUACIÓN DE LA FUERZA DE SALTO VERTICAL EN VOLEIBOL FEMENINO EN RELACIÓN A LA POSICIÓN DE JUEGO. *Revista Ciencias de La Actividad Física UCM*, 15(2), 43–52.

Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a España: Which is harder? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(5), 872–878.

<http://doi.org/10.1249/01.MSS.0000064999.82036.B4>

Lucini, D., Vigo, C., Tosi, F., Toninelli, G., Badilini, F., & Pagani, M. (2014). Assessing autonomic response to repeated bouts of exercise below and above respiratory threshold: Insight from dynamic analysis of RR variability. *European Journal of Applied Physiology*, 114(6), 1269–1279. [http://doi.org/10.1007/s00421-014-2858-](http://doi.org/10.1007/s00421-014-2858-1)

1

Luis-Feipe Reynoso-Sánchez Cortisol y estrés-recuperación durante un periodo competitivo en jugadores de balonmano, José Raúl Flores, H., García-dávila, M., Taraco, G. R., Carlos, J., Sánchez, J., ... Hernández-cruz, G. (2017). Cortisol

- y estrés-recuperación durante un periodo competitivo en jugadores de balonmano. *Revista de Psicología Del Deporte*, 26(269614), 125–131. Retrieved from <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=cf2ed194-0307-404b-9418-f531ad6271c3@pdc-v-sessmgr01&bdata=JmxhbmMc9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ==#AN=124557612&db=fua>
- Madigan, M. L., & Pidcoe, P. E. (2003). Changes in landing biomechanics during a fatiguing landing activity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(5), 491–498. [http://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00037-3](http://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00037-3)
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(11), 2090–2096. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a6a959>
- Martinmäki, K., & Rusko, H. (2008). Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 102(3), 353–360. <http://doi.org/10.1007/s00421-007-0594-5>
- Mazon, J., Gastaldi, A., Di Sacco, T., Cozza, I., Dutra, S., & Souza, H. (2013). Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 23(1), 114–120. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01357.x>
- Milanez, V. F., Ramos, S. P., Lepretre, P. M., Leme, L. C., & Nakamura, F. Y. (2014). Physiological and performance changes in response to pre-season training in high level handball players. *Science and Sports*, 29(4), e59–e62. <http://doi.org/10.1016/j.scispo.2014.03.003>
- Millis, R. M., Austin, R. E., Hatcher, M. D., Bond, V., Faruque, M. U., Goring, K. L., ... DeMeersman, R. E. (2010). Association of body fat percentage and heart rate variability measures of sympathovagal balance. *Life Sciences*, 86(5-6), 153–157. <http://doi.org/10.1016/j.lfs.2009.11.018>
- Molina, G. E., Fontana, K. E., Porto, L. G. G., & Junqueira, L. F. (2016). Post-exercise

- heart-rate recovery correlates to resting heart-rate variability in healthy men. *Clinical Autonomic Research*, 26(6), 415–421. <http://doi.org/10.1007/s10286-016-0378-2>
- Morales, J., Álamo, J., García, X., Busca, B., Lopez, J., Serra-Año, P., & Millan, G. L. (2014). USE OF HEART RATE VARIABILITY IN MONITORING STRESS AND RECOVERY IN JUDO ATHLETES. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(7), 1896–1905.
- Morton, R. H., Fitz-Clarke, J. R., & Banister, E. W. (1990). Modeling human performance in running. *Journal of Applied Physiology*, 69(3), 1171–1177.
- Nakamura, F. Y., Flatt, A. A., Pereira, A., Ramirez, R., Loturco, I., & Esco, M. (2015). Ultra-short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players. *Journal of Sports Science and Medicina*, 14, 602–605.
- Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Rabelo, F. N., Flatt, A. A., Esco, M. R., Bertollo, M., & Loturco, I. (2016). Monitoring weekly heart rate variability in futsal players during the preseason: the importance of maintaining high vagal activity. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2262–2268. <http://doi.org/10.1080/02640414.2016.1186282>
- Naranjo, J. O., Nieto-Jiménez, C., & Ruso-Álvarez, J. F. (2019). Recovery Slope of Heart Rate Variability as an Indicator of Internal Training Load. *Health*, 11(02), 211–221. <http://doi.org/10.4236/health.2019.112019>
- Naranjo, J., De la Cruz, B., Sarabia, E., De Hoyo, M., & Dominguez, S. (2015). Heart Rate Variability: a Follow-up in Elite Soccer Players Throughout the Season. *International Journal of Sports Medicine*, 881–886. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/med/26140687>
- Naranjo, J., De La Cruz, B., Sarabia, E., De Hoyo, M., & Domínguez, S. (2015). Two new indexes for the assessment of autonomic balance in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 452–457. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2014-0235>
- Navarro, X. (2002). Fisiología del sistema nervioso autónomo. *Revista de Neurología*, 35(6), 553–562. <http://doi.org/10.5867/medwave.2001.04.3347>
- Nieto-Jimenez, C., Pardos-Mainer, E., Ruso-Álvarez, J. F., & Naranjo-Orellana, N.

- (n.d.). CARGA DE ENTRENAMIENTO Y VFC EN UNA ATLETA FEMENINA : ESTUDIO DE CASO TRAINING. *Revista Internacional de Medicina Y Ciencias de La Actividad Fisica Y Del Deporte*, X, 1–12.
- Ornelas, F., Nakamura, F. Y., Dos-Santos, J. W., Batista, D. R., Meneghel, V., Nogueira, W. J., ... Braz, T. V. (2017). Daily Monitoring of the Internal Training Load by the Heart Rate Variability: A Case Study. *Journal of Exercise Physiology*, 20(1), 151–163. Retrieved from https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineFEBRUARY2017_Ornelas_Braz.pdf
- Ortega-Becerra, Asián-Clemente, & Lopez-Adarve. (2016). El uso de los impulsos de entrenamiento (trimps) para cuantificar la carga de entrenamiento en situaciones reducidas en balonmano. *Revista de Ciencias Del Deporte*, 12(1), 53–64.
- Otter, R. T. A., Brink, M. S., Van Der Does, H. T. D., & Lemmink, K. A. P. M. (2015). Monitoring Perceived Stress and Recovery in Relation to Cycling Performance in Female Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 37(1), 12–18. <http://doi.org/10.1055/s-0035-1555779>
- Palao, J. M., Santos, J. A., & Ureña, A. (2004). Effect of team level on skills performance in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4(2), 50–60.
- Papadopoulou, S., Gallos, G. K., Paraskevas, G., Tsapakidou, A., & Fachantidou, A. (2002). The somatotype of Greek female volleyball athletes. *International Journal of Volleyball Research*, 5(1), 22–25. Retrieved from <http://articles.sirc.ca/search.cfm?id=S-873108>
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s3h&AN=SPH S-873108&lang=pt-br&site=ehost-live>
- Perandini, L. A., Siqueira-Pereira, T. A., Okuno, N. M., Soares-Caldeira, L. F., & Nakamura, F. Y. (2012). Use of session RPE to training load quantification and training intensity distribution in taekwondo athletes. *Science and Sports*, 27(4), e25–e30. <http://doi.org/10.1016/j.scispo.2011.07.001>
- Place, N., Yamada, T., Bruton, J. D., & Westerblad, H. (2010). Muscle fatigue: From observations in humans to underlying mechanisms studied in intact single muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 1–15.

<http://doi.org/10.1007/s00421-010-1480-0>

- Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training A case comparison. *European Journal of Applied Physiology*, 112(11), 3729–3741. <http://doi.org/10.1007/s00421-012-2354-4>
- Proietti, R., Fronso, S., Pereira, L., Bortoli, L., Robazza, C., Nakamura, F., & Bertollo, M. (2017). HEART RATE VARIABILITY DISCRIMINATES COMPETITIVE LEVELS IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(6), 1719–1725.
- Purvis, D., Gonsalves, S., & Deuster, P. A. (2010). Physiological and Psychological Fatigue in Extreme Conditions: Overtraining and Elite Athletes. *PM and R*, 2(5), 442–450. <http://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.03.025>
- Reynoso-Sanchez, L. F., Hernandez-Cruz, G., Lopez-Walle, J., Rangel-Colmenero, B., Quezada-Chacon, J. T., & Jaenes, S. (2016). Recovery-stress balance throughout a season in volleyball university players. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación.*, 30, 193–197.
- Rodas, G., & Pedret, C. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: conceptos, medidas y relación con aspectos clínicos (parte II). *Archivos de Medicina Del ...*, (Parte II), 119–127.
- Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J., & Capdevilla, L. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: concepto, medidas y relacion con aspectos clínicos, 1–2. Retrieved from http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Variabilidad_41_123.pdf
- Saboul, D., Balducci, P., Millet, G., Pialoux, V., & Hautier, C. (2015). A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. *European Journal of Sport Science*, (February 2015), 1–10. <http://doi.org/10.1080/17461391.2015.1004373>
- Sarabia, C., de la Cruz, B., & Naranjo, J. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatin kinasa, urea y variabilidad de la frecuencia cardiaca en remeros de élite españoles. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 29, 952–958.

Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4538352>

- Scantlebury, S., Till, K., Atkinson, G., Sawczuk, T., & Jones, B. (2017). The within-participant Correlation between s-RPE and Heart Rate in Youth Sport. *Sports Medicine International Open*, 1(06), E195–E199. <http://doi.org/10.1055/s-0043-118650>
- Scott, B. R., Duthie, G. M., Thornton, H. R., & Dascombe, B. J. (2016). Training Monitoring for Resistance Exercise: Theory and Applications. *Sports Medicine*, 46(5), 687–698. <http://doi.org/10.1007/s40279-015-0454-0>
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & De Jonge, X. A. K. J. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 195–202. <http://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2009.00899.x>
- Scott, J., Duthie, G., Delaney, A., Sanctuary, D., Ballard, D., Hickmans, J., & Dascombe, B. (2016). THE VALIDITY AND CONTRIBUTING PHYSIOLOGICAL FACTORS TO 30-15 INTERMITTENT FITNESS TEST PERFORMANCE IN RUGBY LEAGUE. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2409–2416.
- Shirreffs, S., Armstrong, L., & Cheuvront, S. (2004). Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition.
- Silva-grigoletto, D., Gómez-puerto, Viana-montaner, Armas-negrin, Ugrinowitsch, & García-manso. (2008). Comportamiento de diferentes manifestaciones de la resistencia en el voleibol a lo largo de una temporada, en un equipo profesional. Behavior. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 1, 3–9.
- Stagno, K. M., Thatcher, R., & van Someren, K. a. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629–34. <http://doi.org/10.1080/02640410600811817>
- Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013a). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. *Sports Medicine*. <http://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4>
- Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013b). Consecutive days of cold water immersion: Effects on cycling performance and heart rate variability. *European*

- Journal of Applied Physiology*, 113(2), 371–384. <http://doi.org/10.1007/s00421-012-2445-2>
- Stone, N. M., & Kilding, A. E. (2009). Aerobic Conditioning for Team Sport Athletes. *Sports Medicine*, 39(8), 615–642. <http://doi.org/10.2165/00007256-200939080-00002>
- Streeter, C. C., Gerbarg, P. L., Saper, R. B., Ciraulo, D. A., & Brown, R. P. (2012). Effects of yoga on the autonomic nervous system, gamma-aminobutyric-acid, and allostasis in epilepsy, depression, and post-traumatic stress disorder. *Medical Hypotheses*, 78(5), 571–579. <http://doi.org/10.1016/j.mehy.2012.01.021>
- Task Force. (1996). Task Force. *Eur. Heart J.*, 17, 354–381. <http://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043>
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers, J. J., & Wager, T. D. (2012). A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747–756. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.11.009>
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B. and Gregson, W. (2017). Fatigue status in elite team sport athletes : Implications for practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(S2), 27–34. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0434>
- Van Der Does, H. T. D., Brink, M. S., Visscher, C., Huijgen, B. C. H., Frencken, W. G. P., & Lemmink, K. A. P. M. (2015). The effect of stress and recovery on field-test performance in floorball. *International Journal of Sports Medicine*, 36(6), 460–465. <http://doi.org/10.1055/s-0034-1398581>
- Vesterinen, V., Häkkinen, K., Laine, T., Hynynen, E., Mikkola, J., & Nummela, A. (2015). Predictors of individual adaptation to high-volume or high-intensity endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26(8), 885–893. <http://doi.org/10.1111/sms.12530>
- Vesterinen, V., Nummela, A., Laine, T., Hynynen, E., Mikkola, J., & Häkkinen, K. (2017). A submaximal running test with postexercise cardiac autonomic and neuromuscular function in monitoring endurance training adaptation. *Journal of*

Strength and Conditioning Research (Vol. 31).

<http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001458>

Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2014). A comparison of methods for quantifying training load: Relationships between modelled and actual training responses. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 11–20.

<http://doi.org/10.1007/s00421-013-2745-1>

Zhang, J. (2007). Effect of Age and Sex on Heart Rate Variability in Healthy Subjects. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 30(5), 374–379.

<http://doi.org/10.1016/j.jmpt.2007.04.001>

Zwarts, M. J., Bleijenberg, G., & van Engelen, B. G. M. (2008). Clinical neurophysiology of fatigue. *Clinical Neurophysiology*, 119(1), 2–10.

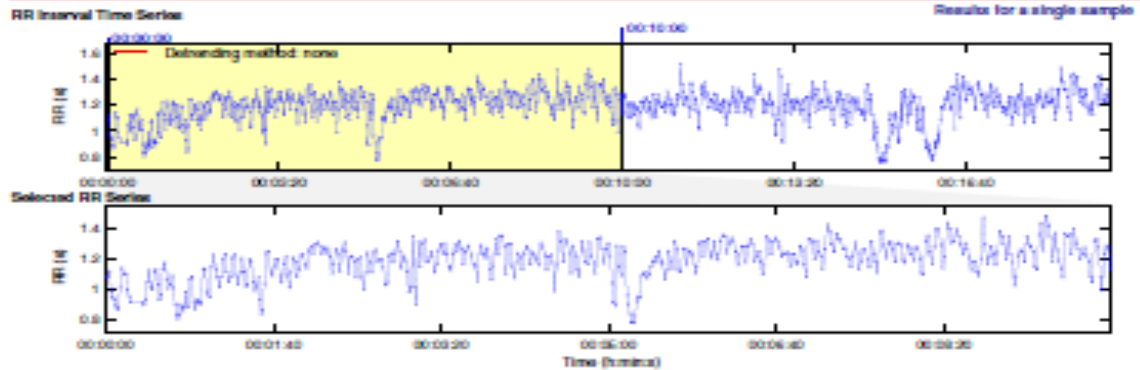
<http://doi.org/10.1016/j.clinph.2007.09.126>

Anexos

HRV Analysis Results

arturo 01/02/17 08:31:51 - 2020/02 - 00:30:33

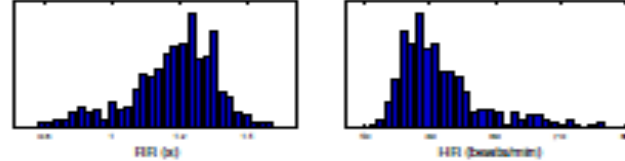
Page 1/1



Time-Domain Results

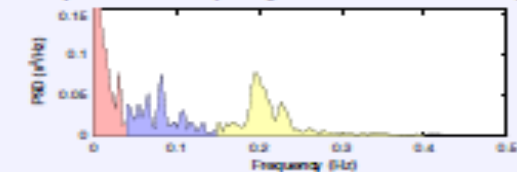
Variable	Units	Value
Mean RR*	(ms)	1179.8
STD RR (SDNN)	(ms)	129.7
Mean HR*	(b/min)	51.58
STD HR (SDSS)	(b/min)	6.43
MNSO	(count)	329
pMNSO	(%)	64.3
RR Intergular index		22.084
TINN	(ms)	130.0

Distributions*



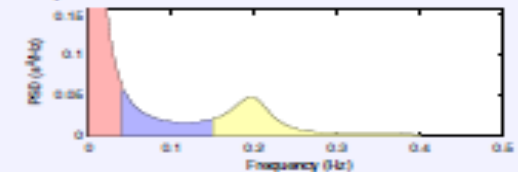
Frequency-Domain Results

FFT spectrum (Welch's periodogram: 256 x window with 50% overlap)



Frequency Band	Peak (Hz)	Power (ms ²)	Power (%)	Power (n.u.)
VLF (0-0.04 Hz)	0.0039	4052	49.8	
LF (0.04-0.15 Hz)	0.0829	2389	24.0	41.8
HF (0.15-0.4 Hz)	0.1953	2022	20.4	56.1
Total		8644		
LF+HF		0.719		

AR Spectrum (AR model order = 16, not factorized)

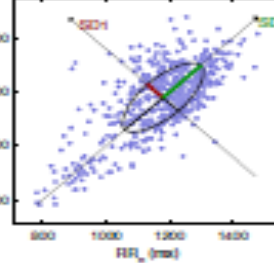


Frequency Band	Peak (Hz)	Power (ms ²)	Power (%)	Power (n.u.)
VLF (0-0.04 Hz)	0.0039	8386	57.4	
LF (0.04-0.15 Hz)	0.0430	2701	18.5	40.3
HF (0.15-0.4 Hz)	0.1859	2551	24.1	56.8
Total		14634		
LF+HF		0.765		

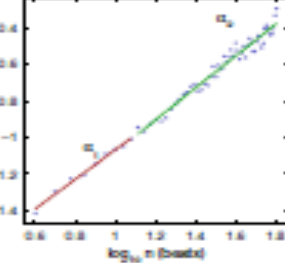
Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare plot		
SD1	(ms)	69.8
SD2	(ms)	104.8
Recurrence plot		
Mean line length (Lmean)	(beats)	13.37
Max line length (Lmax)	(beats)	177
Recurrence rate (REC)	(%)	98.75
Determinism (DET)	(%)	98.48
Shannon Entropy (ShenEn)		0.989
Other		
Approximate entropy (ApEn)		1.288
Sample entropy (SampEn)		1.054
Detrended Fluctuations (DFA)-α1		0.812
Detrended Fluctuations (DFA)-α2		0.876
Correlation dimension (D2)		0.493
Multiscale entropy (MSE)		0.407 - 2.020

Poincare Plot



Detrended Fluctuations (DFA)



*Results are calculated from the non-detrended selected RR series.

05-Dec-2017 08:31:54

José María Méndez

Laboratorio de rendimiento humano, Facultad de organización deportiva

Kubica HRV, 2.2

Department of Applied Physics

University of Eastern Finland, Kuopio, Finland

RESTQ-76 Sport

Apellido _____ Nombre _____ Sexo _____
Edad _____ Deporte/Prueba _____ Fecha _____ Equipo _____

Este cuestionario consiste en una serie de declaraciones, las cuales posiblemente describan tu bienestar físico o mental, o tus actividades durante los últimos días y noches.

Por favor, selecciona la respuesta que refleje de la manera más precisa tus pensamientos y actividades. Indica cuán frecuentemente cada declaración es cierta en su caso durante los últimos días. Las declaraciones relativas al rendimiento deportivo se refieren al rendimiento en competiciones así como en entrenamientos. Hay siete respuestas posibles por cada declaración, selecciona encerrando en un círculo el número correspondiente a la respuesta apropiada.

Ejemplo: En los últimos (3) días/noches... leí un periódico

0 1 2 3 4 5 6
Nunca Raramente A veces A menudo Muy a menudo Casi siempre Siempre

En este ejemplo, está marcado el número 5. Eso significa que leíste un periódico "casi siempre" en los últimos días.

Por favor, no dejes ninguna declaración sin respuesta. Si no estás seguro sobre qué respuesta escoger, selecciona aquella que más se acerque a tu estado. Voltea la página y contesta a las declaraciones en orden y sin interrupciones.

En los últimos (3) días/noches...

1)...vi la tele	0	1	2	3	4	5	6
2)...no dormí lo suficiente	0	1	2	3	4	5	6
3)...terminé tareas importantes	0	1	2	3	4	5	6
4)...no pude concentrarme bien	0	1	2	3	4	5	6
5)...cualquier cosa me molestaba	0	1	2	3	4	5	6
6)...me rei con otros(as)	0	1	2	3	4	5	6
7)...me sentí mal físicamente	0	1	2	3	4	5	6
8)...estuve de mal humor	0	1	2	3	4	5	6
9)...me sentí relajado(a) físicamente	0	1	2	3	4	5	6
10)...estuve de buen ánimo	0	1	2	3	4	5	6
11)...tuve dificultades para concentrarme	0	1	2	3	4	5	6
12)...me preocupé por problemas sin resolver	0	1	2	3	4	5	6
13)...me sentí a gusto físicamente	0	1	2	3	4	5	6
14)...la pasé bien con amigos(as)	0	1	2	3	4	5	6
15)...tuve dolor de cabeza	0	1	2	3	4	5	6
16)...estuve cansado(a) por el trabajo	0	1	2	3	4	5	6
17)...tuve éxito en lo que hice	0	1	2	3	4	5	6
18)...no pude desconectar mi mente	0	1	2	3	4	5	6
19)...me dormí satisfecho(a) y relajado(a)	0	1	2	3	4	5	6
20)...me sentí físicamente incómodo(a)	0	1	2	3	4	5	6
21)...me sentí irritado(a) por los demás	0	1	2	3	4	5	6
22)...me sentí decaído(a)	0	1	2	3	4	5	6
23)...visité a unos amigos(as) íntimos(as)	0	1	2	3	4	5	6
24)...me sentí deprimido(a)	0	1	2	3	4	5	6
25)...estaba muerto(a) de cansancio después del trabajo	0	1	2	3	4	5	6
26)...otras personas me estresaron	0	1	2	3	4	5	6
27)...tuve un sueño satisfactorio	0	1	2	3	4	5	6
28)...me sentí ansioso(a) o inhibido(a)	0	1	2	3	4	5	6
29)...me sentí físicamente en forma	0	1	2	3	4	5	6
30)...estaba harto(a) de cualquier cosa	0	1	2	3	4	5	6
31)...estuve apático(a)	0	1	2	3	4	5	6

32)...senti que tenía que desempeñarme bien frente a otros(as)	0	1	2	3	4	5	6
33)...me divertí con amigos(as)-----	0	1	2	3	4	5	6
34)...estuve de buen humor	0	1	2	3	4	5	6
35)...estuve agotado(a)-----	0	1	2	3	4	5	6
36)...dormí inquieto(a)	0	1	2	3	4	5	6
37)...estuve molesto(a)-----	0	1	2	3	4	5	6
38)...me sentía como si pudiera hacerlo todo	0	1	2	3	4	5	6
39)...estuve disgustado(a)-----	0	1	2	3	4	5	6
40)...puse tomar decisiones	0	1	2	3	4	5	6
41)...tomé decisiones importantes-----	0	1	2	3	4	5	6
42)...me sentí exhausto(a) físicamente	0	1	2	3	4	5	6
43)...me sentí feliz-----	0	1	2	3	4	5	6
44)...me sentí bajo presión	0	1	2	3	4	5	6
45)...todo era demasiado para mí-----	0	1	2	3	4	5	6
46)...mi sueño fue interrumpido fácilmente	0	1	2	3	4	5	6
47)...me sentí contento(a)-----	0	1	2	3	4	5	6
48)...estuve enfadado(a) con alguien	0	1	2	3	4	5	6
49)...tuve buenas ideas-----	0	1	2	3	4	5	6
50)...partes de mi cuerpo estaban adoloridas	0	1	2	3	4	5	6
51)...no pude recuperarme durante los descansos-----	0	1	2	3	4	5	6
52)...estuve convencido(a) de que podía lograr los objetivos que me había marcado durante la competición/entrenamiento	0	1	2	3	4	5	6
53)...me recuperé bien físicamente-----	0	1	2	3	4	5	6
54)...me sentí física y emocionalmente agotado por mi deporte (burnout)	0	1	2	3	4	5	6
55)...logré muchas cosas que marcan la pena en mi deporte-----	0	1	2	3	4	5	6
56)...me preparé mentalmente para la competición/entrenamiento	0	1	2	3	4	5	6
57)...mis músculos se sentían rígidos o tensos durante la competición/entrenamiento-----	0	1	2	3	4	5	6
58)...tuve la impresión de que había muy pocos descansos	0	1	2	3	4	5	6
59)...estaba convencido(a) de poder alcanzar mi rendimiento en cualquier momento-----	0	1	2	3	4	5	6
60)...lidé de manera muy efectiva con los problemas de mis compañeros(as) de equipo	0	1	2	3	4	5	6
61)...tuve una buena condición física-----	0	1	2	3	4	5	6
62)...me exigí el máximo durante la competición/entrenamiento	0	1	2	3	4	5	6
63)...me sentí agotado(a) mentalmente por la competición/entrenamiento-----	0	1	2	3	4	5	6
64)...tuve dolores musculares después de la competición/entrenamiento	0	1	2	3	4	5	6
65)...estuve convencido(a) de que tuve un buen rendimiento-----	0	1	2	3	4	5	6
66)...se me pidió demasiado durante los descansos	0	1	2	3	4	5	6
67)...me preparé psicológicamente antes de la competición/entrenamiento-----	0	1	2	3	4	5	6
68)...senti que quería abandonar mi deporte	0	1	2	3	4	5	6
69)...me sentí muy enérgico(a)-----	0	1	2	3	4	5	6
70)...entendí fácilmente como se sentían mis compañeros(as) de equipo acerca de ciertas cosas	0	1	2	3	4	5	6
71)...estuve convencido(a) de haber entrenado bien-----	0	1	2	3	4	5	6
72)...los descansos no se realizaron en los momentos adecuados	0	1	2	3	4	5	6
73)...me sentí vulnerable a las lesiones-----	0	1	2	3	4	5	6
74)...fijé objetivos claros para mí mismo(a) durante la competición/entrenamiento	0	1	2	3	4	5	6
75)...mi cuerpo se sentía fuerte-----	0	1	2	3	4	5	6
76)...me sentí frustrado(a) por mi deporte	0	1	2	3	4	5	6
77)...lidé con problemas emocionales en mi deporte de manera muy calmada-----	0	1	2	3	4	5	6

¡GRACIAS!